

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ,
МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ**

**ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

А. В. Ромашко, Л. В. Гапонова

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ СИСТЕМ
ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ
И ИХ ЛИКВИДАЦИЯ**

*(для студентов 5 курса дневной и 6 курса заочной форм обучения
и слушателей второго высшего образования специальности
7.06010107 «Теплогазоснабжение и вентиляция»)*

Харьков – ХНАГХ – 2013

Ромашко, А. В. Конспект лекций по учебной дисциплине «**Аварийные ситуации систем теплогазоснабжения, вентиляции и их ликвидация**» (для студентов 5 курса дневной и 6 курса заочной форм обучения и слушателей второго высшего образования специальности 7.06010107 «Теплогазоснабжение и вентиляция») / А. В. Ромашко, Л. В. Гапонова; Харк. нац. акад. гор. хоз-ва. – Х.: ХНАГХ, 2013. – 58 с.

Авторы: А. В. Ромашко,
Л. В. Гапонова

Рецензент: зав. кафедры эксплуатации газовых и тепловых систем
Харьковской национальной академии городского хозяйства
докт. техн. наук И. И. Капцов

Рекомендовано кафедрой эксплуатации газовых и тепловых систем,
протокол № 9 від 14.09.2008 р.

Содержание

СМ 1.1. Классификация чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Украине.....	4
СМ 1.2. Ликвидация аварийных ситуаций в системах газоснабжения.....	22
СМ 1.3. Ликвидация аварийных ситуаций в системах теплоснабжения, отопления и вентиляции.....	33
Список использованных источников.....	57

СМ 1.1. Классификация чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Украине

Чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера, их возможные последствия

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – это обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. На поверхности Земли и в прилегающих к ней слоях атмосферы происходит множество сложнейших физических, физико-химических, биохимических, геодинамических, гелиофизических, гидродинамических и других процессов, сопровождающихся обменом и взаимной трансформацией различных видов энергии. Эти процессы лежат в основе эволюции Земли, являясь источником постоянных преобразований в облике нашей планеты. Человек не в состоянии приостановить или изменить ход этих процессов, он может только прогнозировать их развитие и в некоторых случаях оказывать влияние на их динамику.

Определенная территория, имеющая чрезвычайно большое разнообразие геологических, климатических и ландшафтных условий, подвержена воздействию более 30 видов опасных природных явлений. Наиболее разрушительными из них являются наводнения, подтопления, эрозия, землетрясения, оползни, сели, карсты, суффозии, горные удары, снежные лавины, ураганы, штормовые ветры, смерчи, сильные заморозки, различные мерзлотные явления. Наибольшую опасность представляют собой землетрясения. Были очень сильными и привели к человеческим жертвам, сильным разрушениям объектов социальной и промышленной инфраструктуры в эпицентральных районах, а также к разрывам, трещинам, оползням и другим деформациям земной поверхности. К другим опасностям геологического происхождения относятся оползни, обвалы, сели, абразия, переработка берегов водохранилищ, мерзлотные процессы.

Относительно менее опасными из-за меньших объемов и скоростей одновременного перемещения масс горных пород и воды являются процессы плоскостной и овражной эрозии, переработка берегов водохранилищ и морей, набухание грунтов. Они не приводят к гибели людей, но экономические потери

от их развития могут быть сопоставимы (как правило, в связи с необратимой потерей земель) с природными катастрофами.

Из атмосферных процессов наиболее разорительными и опасными являются шквалы, ураганы, тайфуны, град, смерчи, сильные ливни, грозы, метели и снегопады.

Из всех природных процессов и явлений самый большой экономический ущерб наносят наводнения, тропические штормы, засухи и землетрясения, они же являются наиболее опасными для жизни и здоровья людей.

Анализ развития природных опасностей сегодня позволяет сделать вывод о том, что, несмотря на научно–технический прогресс, защищенность людей и материальной сферы от грозных явлений и процессов природы не повышается. Ежегодный прирост числа погибших от природных катастроф в мире составляет 4,3 %, пострадавших – 8,6 %, а величины материального ущерба – 10,4 %. Техногенные опасности и угрозы человечество ощутило и осознало несколько позже, чем природные. Лишь с достижением определенного этапа развития техносферы в жизнь человека вторглись техногенные бедствия, источниками которых являются аварии и техногенные катастрофы. Опасность техносферы для населения и окружающей среды обусловлена наличием в промышленности, энергетике и коммунальном хозяйстве большого количества радиационно, химически, биологически, пожаро- и взрывоопасных технологий и производств. Возможность возникновения аварий на них в настоящее время усугубляется высокой степенью износа основных производственных фондов, невыполнением необходимых ремонтных и профилактических работ, падением производственной и технологической дисциплины.

Следует также отметить, что транспорт является серьезным источником опасности не только для пассажиров, но и для населения, проживающего в зонах транспортных магистралей, поскольку по ним перевозится большое количество легковоспламеняющихся, химических, радиоактивных, взрывчатых и других веществ, представляющих при аварии угрозу жизни и здоровью людей. Такие вещества составляют в общем объеме грузоперевозок около 12 %.

Основные причины техногенных аварий и катастроф заключаются в следующем:

- возрастает сложность производств, часто это связано с применением новых технологий, требующих высоких концентраций энергии, опасных для жизни человека веществ и оказывающих сильное воздействие на компоненты окружающей среды;
- уменьшается надежность производственного оборудования и транспортных средств в связи с высокой степенью износа;
- нарушение технологической и трудовой дисциплины, низкий уровень

подготовки работников в области безопасности. Кроме того, иногда причинами ряда аварий и техногенных катастроф являются различные опасные природные процессы и явления.

Классификация чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера

С целью единого подхода к оценке чрезвычайных ситуаций и выбору формы реагирования на них эти ситуации классифицируют по типам, видам, масштабам распространения, тяжести последствий и некоторым другим признакам. На практике общую классификацию чрезвычайных ситуаций, как правило, производят на основе их причин, источников и важнейших показателей их проявления. Такая классификация чрезвычайных ситуаций приведена на схемах 1 и 2.

Схема 1 – Классификация чрезвычайных ситуаций природного характера

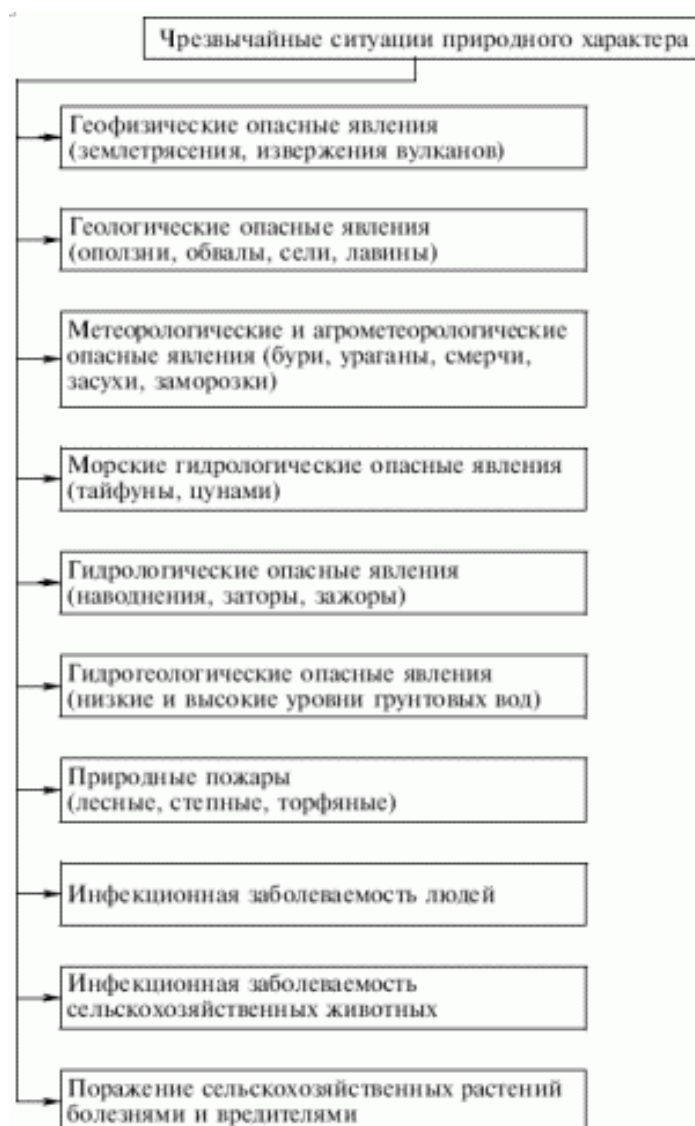
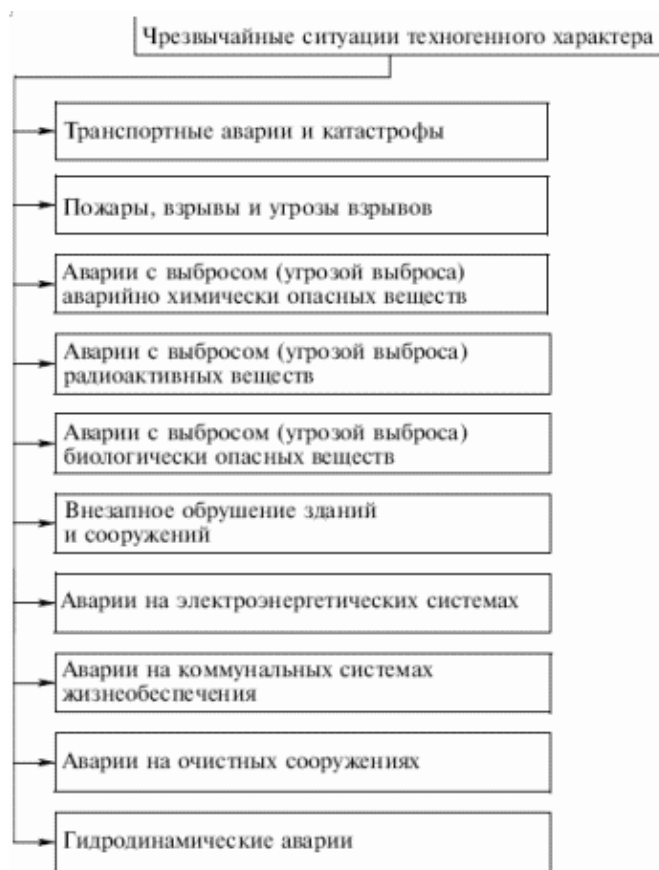


Схема 2 – Классификация чрезвычайных ситуаций техногенного характера



Кроме того, важной является классификация чрезвычайных ситуаций, отражающая их масштабы и тяжесть последствий. Эта классификация учитывает такие показатели, как количество пострадавших людей, количество людей, у которых оказались нарушены условия жизнедеятельности, размеры материального ущерба, границы зон действия поражающих факторов.

Локальная ЧС – ситуация, в результате которой пострадало не более 10 человек, либо были нарушены условия жизнедеятельности не более чем у 100 человек, либо материальный ущерб составил не более 1 тыс. минимальных размеров оплаты труда на день ее возникновения, и ее зона не выходит за пределы территории объекта производственного или социального назначения.

Местная ЧС – ситуация, в результате которой пострадало от 10 до 50 человек, либо были нарушены условия жизнедеятельности свыше чем у 100, но не более чем у 300 человек, либо материальный ущерб составил свыше 1 тыс., но не более 5 тыс. минимальных размеров оплаты труда на день ее возникновения, и ее зона не выходит за пределы населенного пункта (города, района).

Территориальная ЧС – ситуация, в результате которой пострадало от 50 до 500 человек, либо были нарушены условия жизнедеятельности свыше чем у 300, но не более чем у 500 человек, либо материальный ущерб составил

свыше 5 тыс., но не более 500 тыс. минимальных размеров оплаты труда на день ее возникновения.

Региональная ЧС – ситуация, в результате которой пострадало от 50 до 500 человек, либо были нарушены условия жизнедеятельности свыше чем у 500, но не более чем у 1000 человек, либо материальный ущерб составил свыше 0,5 млн., но не более 5 млн. минимальных размеров оплаты труда на день возникновения.

Федеральная ЧС – ситуация, в результате которой пострадало более 500 человек, либо были нарушены условия жизнедеятельности свыше чем у 1000 человек, либо материальный ущерб составил свыше 5 млн. минимальных размеров оплаты труда на день ее возникновения.

Чрезвычайные ситуации военного характера

За последние годы в мире произошли существенные изменения в военно-политической и социально-экономической областях. Специалисты считают, что одной из важных особенностей вооруженной борьбы сейчас и в будущем является то, что в ходе войны и военных конфликтов под ударами окажутся не только военные объекты и войска, но также объекты экономики и гражданское население. Вооруженные силы XXI века, по мнению зарубежных военных теоретиков, должны использоваться не столько для ведения традиционных военных действий, сколько для того, чтобы лишить противника возможности сопротивления за счет поражения его наиболее важных объектов экономики и инфраструктуры. Это может достигаться широким использованием сил, предназначенных для проведения специальных операций, ударами крылатых ракет воздушного и морского базирования, а также массированным использованием средств радиоэлектронной борьбы. Эти методы уже практически использовались США и НАТО при проведении операций в Ираке и Югославии. По мнению экспертов, военные действия приобретут значительно больший пространственный размах и станут более скоротечными, однако это не будет означать обязательного сокращения общей продолжительности боевых действий. При возникновении локальных вооруженных конфликтов и развертывании широкомасштабных войн источниками чрезвычайных ситуаций военного характера будут являться опасности, возникающие при ведении военных действий или вследствие этих действий. Характеристика этих опасностей приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Опасности, возникающие при ведении военных действий или вследствие этих действий

Наименование опасностей	Характеристика
Опасности, возникающие от прямого воздействия средств поражения	Поражение обычными средствами вооруженной борьбы, а также радиоактивным, химическим и бактериологическим оружием; в перспективе сюда могут добавиться поражения так называемым нелетальным оружием (психотропным, высокочастотным, лазерным)
Опасности, возникающие от косвенного воздействия средств поражения (вторичные факторы поражения)	Разрушение зданий, радиационно, химически и гидродинамически опасных объектов, возникновение пожаров и очагов биологического заражения
Опасности, связанные с изменением среды обитания людей, которые могут привести к их гибели или нанести серьезный вред здоровью	Воздействие средств поражения, которые приводят к утрате жилищ, нарушениям в системах снабжения водой, продовольствием и оказания медицинской помощи населению

Опасности военного времени имеют характерные, присущие только им особенности:

во–первых, они планируются, готовятся и проводятся людьми, поэтому имеют более сложный характер, чем природные и техногенные;

во–вторых, средства поражения применяются тоже людьми, поэтому в реализации этих опасностей меньше стихийного и случайного, оружие применяется, как правило, в самый неподходящий момент для жертвы агрессии и в самом уязвимом для нее месте;

в–третьих, развитие средств нападения всегда опережает развитие адекватных средств защиты от их воздействия, поэтому в течение какого–то промежутка времени они имеют превосходство;

в–четвертых, для создания средств нападения применяются самые последние научные достижения, привлекаются лучшие специалисты и самая передовая научно–производственная база; это приводит к тому, что от некоторых средств поражения фактически невозможно защититься (ракетно–ядерное оружие); в–пятых, анализ тенденций эволюции военных опасностей свидетельствует о том, что будущие войны все больше будут приобретать террористический, антигуманный характер, а мирное население воюющих стран будет служить объектом вооруженного воздействия с целью подрыва воли и способности противника к сопротивлению. Опасности военного характера будут возникать при применении ядерного, химического, биологического и обычных средств

поражения.

Ядерное оружие на сегодняшний день является самым мощным средством массового поражения. Поражающие факторы этого оружия – ударная волна, световое излучение, проникающая радиация, радиоактивное заражение и электромагнитный импульс. По масштабам и характеру своего действия ядерное оружие существенно отличается от других средств вооруженной борьбы. Практически одновременное воздействие его поражающих факторов обуславливает комбинированный характер действия на людей, технику и сооружения.

Химическое оружие тоже является одним из видов оружия массового поражения. Его поражающее действие основано на использовании боевых токсичных химических веществ (БТХВ). К боевым токсичным химическим веществам относят отравляющие вещества (ОВ) и токсины, оказывающие поражающее действие на организм человека и животных, а также фитотоксиканты, которые могут применяться для поражения различных видов растительности.

Разновидностью химического оружия являются бинарные химические боеприпасы. В этих боеприпасах заложен принцип отказа от использования готового токсичного продукта и перенесения конечной стадии технологического процесса получения ОВ в сам боеприпас. Эта стадия осуществляется в короткий промежуток времени после выстрела снаряда (пуска ракеты, сбрасывания бомбы). За это время в боеприпасе происходит разрушение устройств, изолирующих безопасные по отдельности компоненты ОВ и интенсивное перемешивание компонентов, что способствует быстрому протеканию реакции образования отравляющего вещества.

Результатом применения химического оружия могут быть тяжелые экологические и генетические последствия, устранение которых потребует длительного времени и больших усилий.

Бактериологическое оружие – это биологические средства (бактерии, вирусы, риккетсии, грибы и токсичные продукты их жизнедеятельности), распространяемые с помощью живых зараженных переносчиков заболеваний (грызунов, насекомых) или в виде порошков и суспензий с целью вызвать массовые заболевания людей, сельскохозяйственных животных и растений.

В качестве бактериальных средств могут быть использованы возбудители различных особо опасных инфекционных заболеваний: чумы, сибирской язвы, бруцеллеза, сапа, туляремии, холеры, желтой и других видов лихорадки, весенне–летнего энцефалита, сыпного и брюшного тифа, гриппа, малярии,

дизентерии, натуральной оспы. Бактериологическое оружие обладает некоторыми особенностями, которые отличают его от других средств поражения.

К ним следует отнести:

- способность вызывать массовые заболевания людей и животных;
- большая продолжительность действия (например, споровые формы бактерии сибирской язвы сохраняют поражающие свойства несколько лет);
- трудность обнаружения микроорганизмов и их токсинов во внешней среде;
- способность болезнетворных микроорганизмов и их токсинов вместе с воздухом проникать в негерметизированные укрытия и помещения, заражая находящихся в них людей и животных.

К обычным средствам поражения относят огневые и ударные средства, применяющие артиллерийские, зенитные, авиационные, стрелковые и инженерные боеприпасы, снаряженные обычным взрывчатым веществом, высокоточное оружие, боеприпасы объемного взрыва, зажигательные смеси и вещества, а также некоторые новейшие виды оружия (инфразвуковое, радиологическое, лазерное).

В ряду высокоточных средств поражения особое место занимают крылатые ракеты. Эти ракеты оснащены сложной комбинированной системой управления, наводящей их на цели по заблаговременно составленным картам полета, в том числе на малых высотах, что затрудняет их обнаружение и многократно увеличивает вероятность поражения цели. Высокоточным оружием являются также управляемые авиационные бомбы, разведывательно-ударные, зенитные и противотанковые ракетные комплексы.

В последнее время широкое распространение получили боеприпасы объемного взрыва. Принцип действия таких боеприпасов (вакуумных бомб) основан на принципе подрыва топливно-воздушной смеси. Их основным поражающим фактором является ударная волна, мощность которой в несколько раз превышает энергию взрыва обычного взрывчатого вещества. Кроме того, при взрыве температура достигает 2500–3000 °С. В результате этого на месте взрыва образуется безжизненное пространство размером примерно с футбольное поле. Поражающее действие зажигательного оружия основано на непосредственном воздействии на человека высоких температур, создаваемых при горении зажигательных веществ и смесей. Зажигательное оружие подразделяют на зажигательные смеси (напалмы), металлизированные зажигательные смеси на основе нефтепродуктов (пирогель), термит и термитные составы, белый фосфор. В последнее время значительную угрозу для России начинает представлять международный и внутригосударственный

терроризм.

В мировой юридической практике этот вид угрозы безопасности жизнедеятельности рассматривается как опаснейшее преступление. По целям терроризм подразделяют на политический, националистический, религиозный, корыстный и безадресный, а по масштабам – на индивидуальный, групповой, государственный и международный. Политический терроризм имеет целью завоевание политической власти в стране. Известно два типа такого терроризма. Левый терроризм, возникающий в результате социального конфликта, когда резко ухудшается экономическое положение государства и населения. Правый терроризм выражает стремление какой-то части общества к установлению реакционного тоталитарного режима. Как правило, он проникнут духом шовинизма, расизма, нацизма и антикоммунизма. Классовый терроризм является разновидностью политического. Однако его объектом являются не политики или общественные деятели, а представители определенного класса (социальной группы). Националистический терроризм организуется и проводится этническими группировками, которые стремятся добиться независимости от государства, либо обеспечить превосходство своей нации над другими. Целью такого терроризма может быть также защита территориальной целостности или сохранение своего этноса. Религиозный терроризм осуществляется обычно для того, чтобы утвердить свою религию в качестве главной. В этом случае объектом террора могут быть не только религиозные деятели, но и люди, исповедующие другую религию.

Корыстный терроризм имеет целью неправомерное получение финансовых средств путем захвата заложников. Иногда террористы вместе с финансовыми выдвигают и политические требования. Безадресный (психологический) терроризм обычно не мотивирован. Психическая агрессия при этом является практически единственной причиной совершения террористического акта и носит демонстративный характер. Индивидуальный терроризм – это насилие, осуществляемое одним человеком по отношению к другим. Его еще можно охарактеризовать как личное восстание против общества. Групповой терроризм организуется и проводится группой людей, которая преследует определенные цели и имеет организационную структуру. Этот вид терроризма является наиболее распространенным и массовым. Государственный терроризм выражается в политике, которую проводят политические деятели и партии, стоящие у власти в стране. В качестве примеров проведения государственного террора можно привести деятельность фашистских режимов в Германии и Италии, режима Пол Пота в Камбодже. Международный

терроризм, как правило, проводится на территории нескольких стран. Он может осуществляться не только против граждан и различных организаций, но и в целом против государств. Ярким примером такого терроризма является разрушение зданий Всемирного торгового центра в США (2001), взрыв в метро в Москве (2004), взрывы в Испании (2004).

Мероприятия по предупреждению возникновения и развития чрезвычайных ситуаций

Предупреждение чрезвычайных ситуаций как в части их предотвращения (снижения вероятности возникновения), так и в плане уменьшения потерь и ущерба от них (смягчения последствий) проводится по следующим направлениям:

- мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций;
- рациональное размещение производительных сил и поселений на территории страны с учетом природной и техногенной безопасности;
- предотвращение в возможных пределах некоторых неблагоприятных и опасных природных явлений и процессов путем систематического снижения накапливающегося разрушительного потенциала;
- предотвращение аварий и техногенных катастроф путем повышения технологической безопасности производственных процессов и эксплуатационной надежности оборудования;
- разработка и осуществление инженерно-технических мероприятий, направленных на предотвращение возникновения источников чрезвычайных ситуаций, смягчение их последствий, защиту населения и материальных средств;
- обучение производственного персонала и повышение технологической и трудовой дисциплины;
- подготовка объектов экономики и систем жизнеобеспечения населения к работе в условиях чрезвычайных ситуаций;
- декларирование промышленной безопасности;
- лицензирование деятельности опасных производственных объектов;
- проведение государственной экспертизы в области предупреждения чрезвычайных ситуаций;
- государственный надзор и контроль по вопросам природной и техногенной безопасности;
- страхование ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта;

- информирование населения о потенциальных природных и техногенных угрозах на территории проживания;
- подготовка населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени.

Под мониторингом понимается система постоянного наблюдения за явлениями и процессами, происходящими в природе и техносфере, для предвидения нарастающих угроз для человека и среды его обитания. Главной целью мониторинга является предоставление данных для точного и достоверного прогноза чрезвычайных ситуаций на основе объединения интеллектуальных, информационных и технологических возможностей различных ведомств и организаций, занимающихся наблюдением за отдельными видами опасностей. Мониторинговая информация служит основой для прогнозирования, в результате которого получают гипотетические данные о будущем состоянии какого-либо объекта, явления, процесса.

Прогнозирование чрезвычайной ситуации – это опережающее предположение о вероятности возникновения и развития чрезвычайной ситуации на основе анализа причин ее возникновения и ее источника в прошлом и настоящем. Главным в этом процессе является информация об объекте прогнозирования, раскрывающая его поведение в прошлом и настоящем, а также закономерности этого поведения. В основе всех методов, способов и методик прогнозирования лежат эвристический и математический подходы. Суть эвристического подхода состоит в изучении и использовании мнений специалистов-экспертов. Этот подход применяется для прогнозирования процессов, формализовать которые нельзя. Математический подход заключается в использовании данных о некоторых характеристиках прогнозируемого объекта после их обработки математическими методами для получения зависимости, связывающей эти характеристики со временем, и вычислении с помощью найденной зависимости характеристик объекта в заданный момент времени. Этот подход предполагает активное применение моделирования или экстраполяции.

Прогнозирование в большинстве случаев является основой предупреждения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. В режиме повседневной деятельности прогнозируется возможность возникновения таких ситуаций: их место, время и интенсивность, возможные масштабы и другие характеристики. При возникновении чрезвычайной ситуации прогнозируется возможное развитие обстановки, эффективность тех или иных мер по ликвидации ситуации, необходимый состав сил и средств. Наиболее важным является прогноз вероятности возникновения чрезвычайной ситуации. Его

результаты могут быть наиболее эффективно использованы для предотвращения многих аварий и катастроф, а также некоторых природных бедствий.

Рациональное размещение производительных сил и поселений на территории страны является эффективной совокупностью мер, обеспечивающих предотвращение значительной части чрезвычайных ситуаций (снижение вероятности их возникновения) и уменьшение в определенных пределах возможных потерь и ущерба от них (смягчение их последствий). Это размещение представляет собой меры по распределению и перераспределению по территории страны объектов экономики и хозяйственной инфраструктуры, а также населенных пунктов в соответствии с критериями их защищенности от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Важной частью этих мероприятий является рациональное размещение потенциально опасных объектов и мест утилизации отходов. Объекты экономики размещают таким образом, чтобы они не попадали в зоны, в которых возможные природные и техногенные воздействия на них превышают допустимые нормативные. Объекты экономики должны находиться на таком расстоянии от жилых зон и друг от друга, которое обеспечивает их безопасность. Взрыво- и пожароопасные объекты и их элементы размещают с учетом защитных свойств и других особенностей местности. Потенциально опасные элементы радиационно опасных объектов размещают на таком расстоянии, которое обеспечивает изоляцию реакторных блоков атомных станций друг от друга. Химически опасные объекты возводят на безопасном расстоянии от рек, водоемов, морского побережья, подземных водоносных слоев и размещают с подветренной стороны населенных пунктов и жилых зон. Биологически опасные объекты и их элементы располагают с учетом розы ветров в данной местности. Вокруг радиационно, химически и биологически опасных объектов создают санитарно-защитные зоны и зоны наблюдения. В санитарно-защитных зонах не допускается размещение жилых домов, детских дошкольных учреждений, учебных заведений и некоторых других объектов. Гидротехнические сооружения возводят таким образом, чтобы в зоны возможного катастрофического затопления попадало минимальное число объектов социального и хозяйственного назначения. Размещение населенных пунктов и объектов важного экономического значения в этих зонах не допускается.

Предотвратить большинство чрезвычайных ситуаций природного характера практически невозможно. Однако существует ряд опасных природных явлений

и процессов, негативному развитию которых можно воспрепятствовать. Это может быть выполнено проведением мероприятий по предупреждению градобитий, заблаговременному спуску лавин и сбрасыванию селевых озер, образовавшихся в результате завалов русел горных рек. К мерам по предотвращению таких ситуаций могут быть отнесены также локализация или подавление природных очагов инфекций, вакцинация населения и сельскохозяйственных животных. В техногенной сфере работу по предотвращению аварий ведут в соответствии с их видами на конкретных объектах. В качестве мер, снижающих риск возможных ЧС, наиболее эффективными являются совершенствование технологических процессов; повышение качества технологического оборудования и его эксплуатационной надежности; своевременное обновление основных фондов; использование технически грамотной конструкторской и технологической документации, высококачественного сырья, материалов и комплектующих изделий; наличие квалифицированного персонала, создание и применение передовых систем технологического контроля и технической диагностики, безаварийной остановки производства, локализации и подавления аварийных ситуаций и многое другое.

Одним из направлений эффективного уменьшения масштабов чрезвычайных ситуаций является строительство и использование защитных сооружений различного назначения. К ним следует отнести гидротехнические защитные сооружения, предохраняющие водотоки и водоемы от распространения радиоактивного загрязнения, а также сооружения, защищающие сушу и гидросферу от некоторых других поверхностных загрязнений. Плотины, шлюзы, насыпи, дамбы и укрепление берегов используют для защиты от наводнений. Важная роль в деле снижения ущерба окружающей природной среде отведена коммунальным и промышленным очистным сооружениям. Для уменьшения негативного воздействия оползней, селей, обвалов, осыпей и лавин в горной местности применяют защитные инженерные сооружения на коммуникациях и в населенных пунктах. Для смягчения эрозивных процессов используют защитные лесонасаждения. Для защиты персонала объектов экономики и населения от опасностей военного времени, а также от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера используются защитные сооружения гражданской обороны.

Одним из направлений уменьшения масштабов чрезвычайных ситуаций является проведение мероприятий по повышению физической стойкости объектов во время стихийных бедствий, аварий, природных и техногенных

катастроф. К этим мероприятиям, прежде всего, следует отнести сейсмостойкое строительство в сейсмоопасных районах и сейсмоукрепление на этих территориях зданий и сооружений, построенных ранее без учета сейсмичности, а также повышение физической стойкости особо важных объектов, защита уникального оборудования, культурных, исторических, государственных ценностей, резервов наиболее важных ресурсов.

Эффективно содействует уменьшению масштабов чрезвычайных ситуаций (особенно в части потерь) создание и применение систем оповещения населения, персонала и органов управления, прежде всего системы централизованного оповещения на федеральном, региональном, территориальном, местном и объектовом уровнях. Благодаря этой системе можно в кратчайшие сроки оповестить об опасности большую часть населения страны или отдельных территорий. Своевременное оповещение позволяет принять меры по защите населения и тем самым снизить потери. На потенциально опасных объектах функционируют локальные системы оповещения, управляемые дежурным персоналом объекта или специалистами централизованной системы оповещения города. Задачей локальной системы оповещения является своевременное оповещение об опасности людей, проживающих вблизи потенциально опасного объекта. На случай, если дежурный персонал не сможет своевременно привести в действие систему оповещения, создают локальные или объединенные автоматизированные системы обнаружения опасных природных и техногенных факторов и оповещения о них. Такие автоматизированные системы контроля радиационной обстановки уже применяются на некоторых отечественных АЭС.

Одним из важнейших мероприятий по предупреждению возникновения и развития чрезвычайных ситуаций, прежде всего техногенного характера, является обучение производственного персонала и повышение технологической и трудовой дисциплины.

Сложившаяся в последние годы ситуация в области эксплуатации промышленных производств, особенно потенциально опасных, характеризуется высоким уровнем аварийности и травматизма. Пожары, взрывы, выбросы токсичных продуктов и другие аварийные ситуации на производстве часто становятся причиной чрезвычайных ситуаций. Несмотря на значительные усилия в области разработки технических систем безопасности и защиты, показатели аварийности в нашей стране в последние годы значительно выросли. В большинстве случаев это связано с низким обучением персонала и несоблюдением технологической и трудовой дисциплины. По причине

“человеческого фактора” происходит более половины всех техногенных аварий и катастроф на объектах экономики, промышленного и сельскохозяйственного производства, наземном, воздушном и водном транспорте.

Профессиональная подготовка работника включает в себя:

- первичный инструктаж по безопасным методам работы для вновь принятого или переведенного из одного цеха в другой работника (проводится мастером или начальником цеха);
- ежеквартальный инструктаж по безопасным методам работы и содержанию планов ликвидации аварий и эвакуации персонала (проводятся руководителем организации);
- повышение квалификации рабочих по специальным программам в соответствии с “Типовым положением” (проводится аттестованными преподавателями).

Противоаварийная подготовка персонала предусматривает выполнение следующих мероприятий:

- разработка планов ликвидации аварий в цехах и на объектах, подконтрольных; а также подготовка планов эвакуации персонала цехов и объектов в случае возникновения аварий;
- первичный инструктаж по действиям в соответствии с планами ликвидации аварий и эвакуации персонала для вновь принятых или переведенных из цеха в цех рабочих (проводится мастером или начальником цеха);
- ежеквартальный инструктаж по действиям в соответствии с планами ликвидации аварий и эвакуации персонала (проводится руководителем организации).

К мерам, уменьшающим масштабы чрезвычайных ситуаций, следует отнести также поддержание в готовности убежищ и укрытий, санитарно–эпидемические и ветеринарно-противоэпизо-отические мероприятия, эвакуацию населения из неблагоприятных или потенциально опасных зон, обучение населения, поддержание в готовности органов управления и сил и многое другое, а также декларирование промышленной безопасности объекта. Декларация промышленной безопасности разрабатывается на каждом промышленном объекте, деятельность которого связана с повышенной опасностью. Она обеспечивает контроль за соблюдением мер безопасности и позволяет оценить достаточность и эффективность мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Деятельность, связанная с проектированием потенциально опасных объектов промышленности и транспорта, их строительством (реконструкцией), вводом и

выводом из эксплуатации, работой на конкретной территории, осуществляется только на основе лицензии, выданной федеральным или территориальным органом исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности. Лицензия является официальным государственным разрешительным документом, удостоверяющим право ее владельца на осуществление определенного вида (видов) деятельности на данной территории в течение установленного срока при соблюдении им заранее оговоренных требований и условий.

Для реализации мер по обеспечению природной и техногенной безопасности объектов различного назначения еще на стадии их проектирования осуществляется государственная экспертиза в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Государственной экспертизе в этой области подлежат:

- градостроительная документация;
- проектная документация на строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение, снятие с эксплуатации и ликвидацию объектов промышленного и социального назначения, которые могут быть источником чрезвычайных ситуаций или могут влиять на обеспечение защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций;
- проекты защитных сооружений различного назначения.

Государственная экспертиза по указанным объектам проводится независимо от источников финансирования, организационно-правовых форм и принадлежности объекта на всех стадиях (этапах) разработки документации.

Важным элементом общей деятельности по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера является государственный надзор и контроль в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Его целью является проверка полноты выполнения мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций и готовности соответствующих должностных лиц, сил и средств к действиям в случае их возникновения. Государственный надзор и контроль осуществляют федеральные органы исполнительной власти и органы исполнительной власти субъектов. По результатам надзорной и контрольной деятельности в области защиты населения и территорий разрабатываются рекомендации, направленные на снижение риска и уменьшение масштабов чрезвычайных ситуаций, а также обязательные для исполнения решения о расследовании причин возникновения чрезвычайных ситуаций.

Эффективным инструментом частичной компенсации ущербов от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера является страхование природных и техногенных рисков. Оно защищает имущественные и другие интересы граждан и юридических лиц в случае наступления событий (страховых случаев), определенных договором страхования или действующим законодательством.

Огромный потенциал в деле снижения рисков чрезвычайных ситуаций заключается в использовании для оперативного информирования и оповещения населения комплексной системы, включающей в себя федеральные, региональные и местные информационные центры, соединенные с различными оконечными устройствами отображения информации. Такими устройствами в местах массового пребывания людей наружные и внутренние электронные табло с видеокамерами (для обеспечения обратной связи и профилактического наблюдения). В других местах оконечными устройствами могут служить мобильные телефоны, портативные компьютеры с беспроводным выходом в Интернет, бытовые радио- и телеприемники. На указанные устройства может выводиться информация о возможных чрезвычайных ситуациях, характере их поражающих факторов, правилах безопасного поведения, сигналы оповещения. Наличие обратной связи позволяет в этом случае осуществлять интерактивный процесс обучения, а также профилактическое наблюдение и мониторинг мест массового пребывания людей.

Информация о прогнозируемых и возникших чрезвычайных ситуациях, их последствиях, о состоянии радиационной, химической, медико-биологической, взрывной, пожарной и экологической безопасности на соответствующих территориях должна быть правдивой и своевременной. Соккрытие, несвоевременное представление, либо представление заведомо ложной информации недопустимо и влечет за собой ответственность в соответствии с законодательством.

В настоящее время особое значение приобретает борьба с терроризмом. В связи с этим разрабатывается и осуществляется комплекс следующих мероприятий:

- уточнение перечня объектов и систем жизнеобеспечения, наиболее вероятных для проведения на них террористических актов;
- разработка на объектах экономики мероприятий по предотвращению несанкционированного проникновения посторонних лиц и прогнозирование возможных чрезвычайных ситуаций на них в случае террористических актов;
- внедрение системы страхования ответственности за причинение вреда

гражданам, в том числе и от аварий в результате террористических актов;

- осуществление лицензирования деятельности опасных производств, декларирование безопасности и повышение готовности к локализации и ликвидации аварий, в том числе в результате террористических актов;

- подготовка специальных разведывательных групп для обнаружения и идентификации опасных веществ, использование которых возможно при совершении террористических актов;

- определение перечня и разработка специальных мероприятий по обнаружению и обезвреживанию средств совершения технологических террористических актов.

В качестве профилактических мер на объектах целесообразно использовать следующее:

- ужесточение пропускного режима при входе и въезде на территорию;
- установка систем сигнализации, аудио–и видеозаписи;
- тщательный подбор и проверка кадров;
- использование специальных средств и приборов обнаружения взрывчатых веществ;

- организация и проведение совместно с сотрудниками правоохранительных органов инструктажей и практических занятий с работающим персоналом;
- регулярный осмотр территорий и помещений.

Все указанные выше мероприятия по предупреждению возникновения и развития ЧС имеют общий характер. На каждом отдельном объекте экономики с учетом его специфики специалисты разрабатывают и осуществляют конкретные мероприятия.

СМ 1.2. Ликвидация аварийных ситуаций в системах газоснабжения

Метод расчета размеров зон, ограниченных НКПР газов и паров, при аварийном поступлении горючих газов и паров ненагретых легковоспламеняющихся жидкостей в помещение

Нижеприведенные расчетные формулы применяют для случая $100 \text{ м} / (\varphi_{г,п} V_{св}) < 0,5 C_{НКПР}$ [$C_{НКПР}$ - нижний концентрационный предел распространения пламени горючего газа или пара, % (об.)] и помещений в форме прямоугольного параллелепипеда с отношением длины к ширине не более 5.

Расстояния $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$ рассчитывают по формулам

$$X_{НКПР} = K_1 l (K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{НКПР}})^{0,5}, \quad (1)$$

$$Y_{НКПР} = K_1 b (K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{НКПР}})^{0,5}, \quad (2)$$

$$Z_{НКПР} = K_3 h (K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{НКПР}})^{0,5}, \quad (3)$$

где K_1 - коэффициент, принимаемый равным 1,1314 для горючих газов и 1,1958 для легковоспламеняющихся жидкостей;

K_2 - коэффициент, равный 1 для горючих газов;

$K_2 = T/3600$ для легковоспламеняющихся жидкостей;

K - коэффициент, принимаемый равным 0,0253 для горючих газов при отсутствии подвижности воздушной среды; 0,02828 для горючих газов при подвижности воздушной среды; 0,04714 для легковоспламеняющихся жидкостей при отсутствии подвижности воздушной среды и 0,3536 для легковоспламеняющихся жидкостей при подвижности воздушной среды;

h - высота помещения, м.

При отрицательных значениях логарифмов расстояния $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$ принимают равными 0.

Радиус R_6 и высоту Z_6 , м, зоны, ограниченной НКПР газов и паров, вычисляют исходя из значений $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$ для заданного уровня значимости Q .

При этом $R_6 > X_{НКПР}$, $R_6 > Y_{НКПР}$ и $Z_6 > h + R_6$ для ГГ и $Z_6 > Z_{НКПР}$ для ЛВЖ (h - высота источника поступления газа от пола помещения для ГГ тяжелее воздуха и от потолка помещения для ГГ легче воздуха, м).

Для ГГ геометрически зона, ограниченная НКПР газов, будет представлять цилиндр с основанием радиусом R_6 и высотой $h_6 = 2R_6$ при $R_6 \leq h$, $h_6 = h + R_6$ при $R_6 > h$, внутри которого расположен источник возможного выделения ГГ. Для ЛВЖ геометрически зона, ограниченная НКПР паров, будет представлять цилиндр с основанием радиусом R_6 и высотой $Z_6 = Z_{\text{НКПР}}$ высоте источника паров ЛВЖ $h < Z_{\text{НКПР}}$ и $Z_6 = h + Z_{\text{НКПР}}$ при $h \geq Z_{\text{НКПР}}$. За начало отсчета принимают внешние габаритные размеры аппаратов, установок, трубопроводов и т. п.

Во всех случаях значения расстояний $X_{\text{НКПР}}$, $Y_{\text{НКПР}}$ и $Z_{\text{НКПР}}$ должны быть не менее 0,3 м для ГГ и ЛВЖ.

Примеры

1. Определить размеры зоны, ограниченной НКПР паров, образующейся при аварийной разгерметизации аппарата с ацетоном, при работающей и неработающей общеобменной вентиляции.

Данные для расчета

В центре помещения размером 40 x 40 м и высотой $h_{\text{п}} = 3$ м установлен аппарат с ацетоном. Аппарат представляет собой цилиндр с основанием диаметром $d_a = 0,5$ м и высотой $h_a = 1$ м, в котором содержится 25 кг ацетона. Расчетная температура в помещении $t_p = 30^\circ\text{C}$. Плотность паров ацетона ρ_a при t_p равна $2,33 \text{ кг/м}^3$. Давление насыщенных паров ацетона p_n при t_p равно 37,73 кПа. Нижний концентрационный предел распространения пламени $C_{\text{НКПР}} = 2,7 \%$ (об.). В результате разгерметизации аппарата в помещение поступит 25 кг паров ацетона за время испарения $T = 208$ с. При работающей общеобменной вентиляции подвижность воздушной среды в помещении $u = 0,1$ м/с.

Расчет

Допустимые значения отклонений концентраций ϕ при уровне значимости $Q = 0,05$ будут равны: 1,27 - при работающей вентиляции; 1,25 - при неработающей вентиляции ($u = 0$). Предэкспоненциальный множитель C_0 будет равен:

при работающей вентиляции

$$C_0 = C_{\text{н}} \left(\frac{m100}{C_{\text{н}} \rho_a V_{\text{св}}} \right)^{0,46} = 37,36 \left(\frac{25 \cdot 100}{37,36 \cdot 2,33 \cdot 3840} \right)^{0,46} = 3,93 \text{ \% (об.)},$$

$$C_{\text{н}} = 100 p_n / p_0 = 100 \cdot 37,73 / 101 = 37,36 \text{ \% (об.)},$$

$$V_{\text{св}} = 0,8 V_{\text{п}} = 0,8 \cdot 40 \cdot 40 \cdot 3 = 3840 \text{ м}^3;$$

при неработающей вентиляции

$$C_0 = C_{\text{н}} \left(\frac{m100}{C_{\text{н}} \rho_a V_{\text{св}}} \right)^{0,41} = 37,36 \left(\frac{25 \cdot 100}{37,36 \cdot 2,33 \cdot 3840} \right)^{0,41} = 5,02 \text{ \% (об.)}.$$

Расстояния $X_{\text{НКПР}}$, $Y_{\text{НКПР}}$ и $Z_{\text{НКПР}}$ составят:

при работающей вентиляции

$$X_{\text{НКПР}} = K_1 l (K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{\text{НКПР}}})^{0,5} = 1,1958 \cdot 40 \left(\frac{208}{3600} \ln \frac{1,27 \cdot 3,93}{2,7} \right)^{0,5} = 9,01 \text{ м,}$$

$$Y_{\text{НКПР}} = K_1 b (K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{\text{НКПР}}})^{0,5} = 1,1958 \cdot 40 \left(\frac{208}{3600} \ln \frac{1,27 \cdot 3,93}{2,7} \right)^{0,5} = 9,01 \text{ м,}$$

$$Z_{\text{НКПР}} = K_3 h (K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{\text{НКПР}}})^{0,5} = 0,3536 \cdot 3 \left(\frac{208}{3600} \ln \frac{1,27 \cdot 3,93}{2,7} \right)^{0,5} = 0,2 \text{ м;}$$

при неработающей вентиляции

$$X_{\text{НКПР}} = 1,1958 \cdot 40 \left(\frac{208}{3600} \ln \frac{1,25 \cdot 5,02}{2,7} \right)^{0,5} = 10,56 \text{ м,}$$

$$Y_{\text{НКПР}} = 1,1958 \cdot 40 \left(\frac{208}{3600} \ln \frac{1,25 \cdot 5,02}{2,7} \right)^{0,5} = 10,56 \text{ м,}$$

$$Z_{\text{НКПР}} = 0,04714 \cdot 3 \left(\frac{208}{3600} \ln \frac{1,25 \cdot 5,02}{2,7} \right)^{0,5} = 0,03 \text{ м.}$$

Таким образом, для ацетона геометрически зона, ограниченная НКПР паров, будет представлять собой цилиндр с основанием радиусом R_6 и высотой $Z_6 = h_a + Z_{\text{НКПР}}$, так как $h_a > Z_{\text{НКПР}}$, при работающей вентиляции

$$Z_6 = 1 + 0,2 = 1,2 \text{ м, } R_6 = 9,01 \text{ м;}$$

при неработающей вентиляции

$$Z_6 = 1 + 0,03 = 1,03 \text{ м, } R_6 = 10,56 \text{ м.}$$

За начало отсчета принимают внешние габаритные размеры аппарата.

2. Определить размеры зоны, ограниченной НКПР газов, образующейся при аварийной разгерметизации газового баллона с метаном, при работающей и неработающей вентиляции.

Данные для расчета

На полу помещения размером 13 x 13 м и высотой $H_{\text{п}} = 3$ м находится баллон с 0,28 кг метана. Газовый баллон имеет высоту $h_6 = 1,5$ м. Расчетная температура в помещении $t_p = 30^\circ\text{C}$. Плотность метана ρ_m при t_p равна $0,645 \text{ кг/м}^3$. Нижний концентрационный предел распространения пламени метана $C_{\text{НКПР}} = 5,28 \%$ (об.). При работающей общеобменной вентиляции подвижность воздушной среды в помещении $u = 0,1 \text{ м/с}$.

Расчет

Допустимые отклонения концентраций при уровне значимости $Q = 0,05$ будут равны: 1,37 при работающей вентиляции; 1,38 при неработающей вентиляции ($u = 0$).

Предэкспоненциальный множитель C_0 будет равен:

при работающей вентиляции

$$C_0 = 3 \cdot 10^2 \cdot \frac{m}{\rho_m V_{cx} v} = 3 \cdot 10^2 \cdot \frac{0,28}{0,645 \cdot 0,8 \cdot 13 \cdot 13 \cdot 3 \cdot 0,1} = 3,21 \% \text{ (об.)};$$

при неработающей вентиляции

$$C_0 = 3,77 \cdot 10^3 \cdot \frac{m}{\rho_m V_{cx}} = 3,77 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,28}{0,645 \cdot 0,8 \cdot 13 \cdot 13 \cdot 3} = 4,04 \% \text{ (об.)};$$

Расстояния $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$ составят:

при работающей вентиляции

$$X_{НКПР} = K_1 I (K_2 I m \frac{\delta C_0}{C_{НКПР}})^{0,5} = 1,1314 \cdot 13 \left(1 \cdot I m \frac{1,37 \cdot 3,21}{5,28} \right)^{0,5} < 0,$$

$$Y_{НКПР} = K_1 b (K_2 I m \frac{\delta C_0}{C_{НКПР}})^{0,5} = 1,1314 \cdot 13 \left(1 \cdot I m \frac{1,37 \cdot 3,21}{5,28} \right)^{0,5} < 0,$$

$$Z_{НКПР} = K_3 h (K_2 I m \frac{\delta C_0}{C_{НКПР}})^{0,5} = 0,0253 \cdot 3 \left(1 \cdot I m \frac{1,37 \cdot 3,21}{5,28} \right)^{0,5} < 0.$$

следовательно $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР} = 0$;

при неработающей вентиляции

$$X_{НКПР} = 1,1314 \cdot 13 \left(1 \cdot I m \frac{1,38 \cdot 4,04}{5,28} \right)^{0,5} = 3,34 \text{ м},$$

$$Y_{НКПР} = 1,1314 \cdot 13 \left(1 \cdot I m \frac{1,38 \cdot 4,04}{5,28} \right)^{0,5} = 3,34 \text{ м},$$

$$Z_{НКПР} = 0,0253 \cdot 3 \left(1 \cdot I m \frac{1,38 \cdot 4,04}{5,28} \right)^{0,5} = 0,02 \text{ м}.$$

Таким образом, для метана при неработающей вентиляции геометрически зона, ограниченная НКПР газов, будет представлять собой цилиндр с основанием радиусом $R_6 = 3,34$ м и высотой $h_6 = h + R_6 = 3 + 3,34 = 6,34$ м. Ввиду того, что h_6 расчетное больше высоты помещения $h_n = 3$ м, за высоту зоны, ограниченной НКПР газов, принимаем высоту помещения $h_6 = 3$ м.

При расчете значений критериев пожарной опасности при сгорании газопаровоздушных смесей в качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант развития пожара (в период пуска, остановки, загрузки, выгрузки, складирования, ремонта, нормальной работы, аварии аппаратов или технологического процесса), при котором в помещение поступает (или постоянно находится) максимальное количество наиболее опасных в отношении последствий сгорания газопаровоздушных смесей и пожара веществ и материалов.

Количество поступивших в помещение веществ, которые могут образовать горючие газовоздушные или паровоздушные смеси, определяют, исходя из следующих предпосылок:

- а) происходит расчетная авария одного из аппаратов;
- б) все содержимое аппарата поступает в помещение;
- в) происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потоку в течение времени, необходимого для отключения трубопроводов.

Расчетное время отключения трубопроводов определяют в каждом конкретном случае, исходя из реальной обстановки, и оно должно быть минимальным с учетом паспортных данных на запорные устройства, характера технологического процесса и вида расчетной аварии.

Расчетное время отключения трубопроводов следует принимать равным:

- времени срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов согласно паспортным данным установки, если вероятность отказа системы не превышает 0,000001 в год или обеспечено резервирование ее элементов (но не более 120 с);
- 120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено резервирование ее элементов;
- 300 с при ручном отключении.

Не допускается использование технических средств для отключения трубопроводов, для которых время отключения превышает вышеприведенные значения.

Быстродействующие клапаны - отсекатели должны автоматически перекрывать подачу газа или жидкости при нарушении электроснабжения;

- г) происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости. Площадь испарения при разливе на пол определяют (при отсутствии справочных данных), исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, содержащих 70 % и менее (по массе) растворителей, разливается на площади 0,5 м², а остальных жидкостей - на 1 м² пола помещения;

- д) происходит также испарение жидкостей из емкостей, эксплуатируемых с открытым зеркалом жидкости, и со свежеокрашенных поверхностей;

- е) длительность испарения жидкости принимают, равной времени ее полного испарения, но не более 3600 с.

Свободный объем помещения определяют как разность между объемом помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием. Если

свободный объем помещения определить невозможно, то его допускается принимать условно, равным 80 %, геометрического объема помещения.

Определение пожароопасных свойств веществ и материалов проводят на основании результатов испытаний или расчетов по стандартным методикам с учетом параметров состояния (давление, температура и т.д.).

Допускается использование показателей пожарной опасности для смесей веществ и материалов по наиболее опасному компоненту.

Расчет избыточного давления для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей

Избыточное давление Δp , кПа, для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, I, F, рассчитывают по формуле:

$$\Delta p = (p_{max} - p_0) \cdot \frac{mZ}{V_{св} \rho_{г,п}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_{ж}}, \quad (1)$$

где p_{max} - максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовойоздушной или паровойоздушной смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или по справочным данным. При отсутствии данных допускается принимать p_{max} равным 900 кПа;

p_0 - начальное давление, кПа (допускается принимать равный 101 кПа);

m - масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение;

Z - коэффициент участия горючего при сгорании газопаровойоздушной смеси, который может быть рассчитан на основе характера распределения газов и паров в объеме;

$V_{св}$ - свободный объем помещения, м³;

$\rho_{г,п}$ - плотность газа или пара при расчетной температуре t_p , кг/м³, вычисляемая по формуле

$$\rho_{г,п} = \frac{M}{V_0(1 + 0.00367 t_p)}, \quad (2)$$

где M - молярная масса, кг/кмоль;

V_0 - мольный объем, равный 22,413 м³/кмоль;

t_p - расчетная температура, °С.

В качестве расчетной температуры следует принимать максимально возможную температуру воздуха в данном помещении в соответствующей климатической зоне или максимально возможную температуру воздуха по технологическому регламенту с учетом возможного повышения температуры в

аварийной ситуации. Если такого значения расчетной температуры t_p по каким-либо причинам определить не удастся, допускается принимать ее равной 61°C ;
 $C_{\text{ст}}$ - стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, % (об.), вычисляемая по формуле

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84\beta}, \quad (3)$$

где $\beta = n_c + \frac{n_h - n_x}{4} - \frac{n_o}{2}$ - стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания;

n_c, n_h, n_o, n_x - число атомов С, Н, О и галоидов в молекуле горючего;

K_n - коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать K_n равным трем.

Расчет Δp , кПа, для индивидуальных веществ, а также для смесей может быть выполнен по формуле

$$\Delta p = \frac{mH_{\text{т}} p_0 Z}{V_{\text{св}} \rho_{\text{в}} C_p T_0 K_n} \cdot \frac{1}{K_n}, \quad (4)$$

где $H_{\text{т}}$ - теплота сгорания, Дж/кг;

$\rho_{\text{в}}$ - плотность воздуха при начальной температуре T_0 , кг/м^3 ;

C_p - теплоемкость воздуха, Дж/(кг·К) [допускается принимать равной $1,01 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)];

T_0 - начальная температура воздуха, К.

Расчетные формулы применяются для случая $100 m / (\rho_{\text{г,н}} V_{\text{св}}) < 0,5 C_{\text{НКПР}}$, [$C_{\text{НКПР}}$ - нижний концентрационный предел распространения пламени горючего газа или пара, % (об.)] и помещений в форме прямоугольного параллелепипеда с отношением длины к ширине не более пяти.

Коэффициент участия Z горючих газов и паров ненагретых выше температуры окружающей среды легковоспламеняющихся жидкостей при сгорании газопаровоздушной смеси для заданного уровня значимости $Q(C > \bar{C})$ (уровень значимости-вероятность того, что значение концентрации C превысит значение математического ожидания этой случайной

величины \bar{C}) рассчитывают по формулам:

при $X_{НКПР} \leq 0,5l$ и $Y_{НКПР} \leq 0,5b$

$$Z = \frac{5 \cdot 10^{-3} \pi}{m} \cdot \rho_{г,л} \cdot (C_0 + \frac{C_{НКПР}}{\delta}) X_{НКПР} Y_{НКПР} Z_{НКПР}, \quad (5)$$

при $X_{НКПР} > 0,5l$ и $Y_{НКПР} > 0,5b$

$$Z = \frac{5 \cdot 10^{-3} \pi}{m} \cdot \rho_{г,л} \cdot (C_0 + \frac{C_{НКПР}}{\delta}) F Z_{НКПР}, \quad (6)$$

где m - масса газа или паров ЛВЖ, поступающих в помещение, кг;

δ - допустимые отклонения концентраций при задаваемом уровне значимости $Q(C > \bar{C})$;

$X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$, $Z_{НКПР}$ - расстояния по осям X, Y, Z от источника поступления газа или пара, ограниченные нижним концентрационным пределом распространения пламени, соответственно, м;

l , b - длина и ширина помещения, соответственно, м;

F - площадь пола помещения, m^2 ;

C_0 - предэкспоненциальный множитель, % (об.), равный:

при отсутствии подвижности воздушной среды для горючих газов

$$C_0 = 3,77 \cdot 10^3 \cdot \frac{m}{\rho_{г} V_{сж}}, \quad (7)$$

при подвижности воздушной среды для горючих газов

$$C_0 = 3 \cdot 10^2 \cdot \frac{m}{\rho_{г} V_{сж} U}, \quad (8)$$

где U - подвижность воздушной среды, м/с;

при отсутствии подвижности воздушной среды для паров легковоспламеняющихся жидкостей

$$C_0 = C_n \left(\frac{m100}{C_n \rho_n V_{сж}} \right)^{0,41}, \quad (9)$$

где C_n - концентрация насыщенных паров при расчетной температуре t_p °C, воздуха в помещении, % (об.).

Концентрация C_n может быть найдена по формуле

$$C_n = \frac{100 p_n}{P_0}, \quad (10)$$

где p_n - давление насыщенных паров при расчетной температуре (находится по справочной литературе), кПа;

P_0 - атмосферное давление, равное 101 кПа.

ρ_n - плотность паров, кг/м³;

при подвижности воздушной среды для паров легковоспламеняющихся жидкостей

$$C_0 = C_n \left(\frac{m100}{C_n \rho_n V_{сж}} \right)^{0,46}, \quad (11)$$

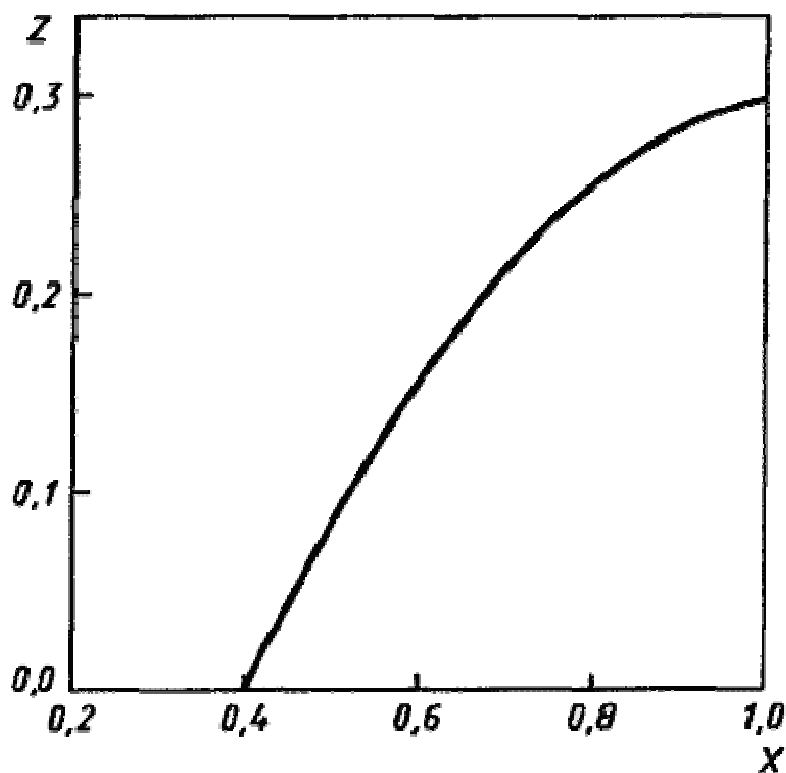


Рис. 1 – Зависимость коэффициента Z от X

Уровень значимости $Q(C > \bar{C})$ выбирают, исходя из особенностей технологического процесса. Допускается принимать $Q(C > \bar{C})$ равным 0,05.

Коэффициент Z участия паров ненагретых легковоспламеняющихся жидкостей при сгорании паровоздушной смеси может быть определен по номограмме, приведенной на рисунке 1.

X рассчитывают по формулам

$$X = \begin{cases} C_{\text{ж}} / C^*, & \text{если } C_{\text{ж}} \leq C^*; \\ 1, & \text{если } C_{\text{ж}} > C^*; \end{cases} \quad (12)$$

где $C^* = \mu C_{\text{ст}}$ (μ - эффективный коэффициент избытка горючего, принимаемый равным 1,9).

В случае обращения в помещении горючих газов, легковоспламеняющихся или горючих жидкостей при определении массы m , входящей в формулы (1) и (4), допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации горючих газов и паров и электроснабжением по первой категории надежности (ПУЭ) при условии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии.

При этом массу m горючих газов, паров легковоспламеняющихся или горючих жидкостей, нагретых до температуры вспышки и выше, поступивших в объем помещения, следует разделить на коэффициент K , рассчитанный по формуле

$$K = AT + 1, \quad (13)$$

где A - кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, с;

T - продолжительность поступления горючих газов и паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в объем помещения, с. Массу m , кг, поступившего в помещение при расчетной аварии газа рассчитывают по формуле:

$$m = (V_a + V_m) \rho_{\text{г}}, \quad (14)$$

где V_a - объем газа, вышедшего из аппарата, м³;

V_m - объем газа, вышедшего из трубопроводов, м³.

При этом:

$$V_a = 0,01 p_1 V, \quad (15)$$

где p_1 - давление в аппарате, кПа;

V - объем аппарата, м.

$$V_m = V_{1m} + V_{2m}, \quad (16)$$

где V_{1m} - объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения, м³;

V_{2m} - объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м³.

$$V_{lm} = qT, \quad (17)$$

где q - расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газовой среды и т.д., м³/с;

T - время, с.

$$V_{2r} = 0,01 \pi p_2 (r_1^2 l_1 + r_2^2 l_2 + \dots + r_n^2 l_n), \quad (18)$$

где p_2 - максимальное давление в трубопроводе по технологическому регламенту, кПа;

$r_{1,2, \dots n}$ - внутренний радиус трубопровода, м;

$l_{1,2, \dots n}$ -длина трубопровода от аварийного аппарата до задвижек, м.

Массу паров жидкости m , поступивших в помещение при наличии нескольких источников испарения (поверхность разлитой жидкости, поверхность со свеженанесенным составом, с которой происходит испарение легколетучих веществ, открытые емкости и т.п.), рассчитывают по формуле

$$m = m_p + m_{емк} + m_{св.окр}, \quad (19)$$

где m_p - масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг;

$m_{емк}$ - масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг;

$m_{св.окр}$ - масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг. При этом каждое из слагаемых в формуле (19) определяют по формуле

$$m = WS_u T, \quad (20)$$

где W - интенсивность испарения, кг/(с·м²);

S_u - площадь испарения, м², в зависимости от массы жидкости m_n , поступившей в помещение.

Если аварийная ситуация связана с возможным поступлением жидкости в распыленном состоянии, то она должна быть учтена в формуле (19) введением дополнительного слагаемого, учитывающего общую массу поступившей жидкости от распыляющих устройств, исходя из продолжительности их работ.

СМ 1.3. Ликвидация аварийных ситуаций в системах теплоснабжения, отопления и вентиляции

Повышение надежности систем коммунального теплоснабжения является одной из важнейших задач службы эксплуатации. Развитие крупных систем теплоснабжения, старение тепловых сетей, проложенных в годы массового строительства, увеличение повреждаемости теплопроводов до 30 - 40 и более повреждений на 100 км в год приводит к снижению надежности теплоснабжения, значительным эксплуатационным затратам и отрицательным социальным последствиям. Повреждения на трубопроводах большого диаметра приводят к длительным перерывам в подаче теплоты целым жилым районам и к выходу из строя систем отопления в десятках зданий.

Надежность функционирования системы теплоснабжения должна обеспечиваться целым рядом мероприятий, осуществляемых на стадиях проектирования и строительства, а также в период эксплуатации.

Под надежностью понимается свойство системы теплоснабжения выполнять заданные функции в заданном объеме при определенных условиях функционирования. Применительно к системе коммунального теплоснабжения в числе заданных функций рассматривается бесперебойное снабжение потребителей теплом и горячей водой требуемого качества и недопущение ситуаций, опасных для людей и окружающей среды. Надежность является комплексным свойством, оно в зависимости от назначения объекта и условий его эксплуатации может включать ряд свойств (в отдельности или в определенном сочетании), основными из которых является безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, устойчивоспособность, режимная управляемость, живучесть и безопасность.

Ниже приведены определения терминов свойств, характеризующих надежность.

Безотказность - свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки.

Долговечность - свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Ремонтпригодность - свойство объекта, заключающееся в приспособлении к предупреждению и обнаружению причин возникновения его отказов, повреждений и устранению их последствий путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Сохраняемость - свойство объекта непрерывно сохранять исправное или только работоспособное состояние в течение и после хранения.

Устойчивоспособность - свойство объекта непрерывно сохранять устойчивость в течение некоторого времени.

Режимная управляемость - свойство объекта поддерживать нормальный режим посредством управления.

Живучесть - свойство объекта противостоять возмущениям, не допуская их каскадного развития с массовым нарушением питания потребителей.

Безопасность - свойство объекта не допускать ситуации, опасные для людей и окружающей среды.

Степень снижения надежности выражается в частоте возникновения отказов и величине снижения уровня работоспособности или уровня функционирования системы теплоснабжения. Полностью работоспособное состояние - это состояние системы, при котором выполняются все заданные функции в полном объеме. Под отказом понимается событие, заключающееся в переходе системы теплоснабжения с одного уровня работоспособности на другой, более низкий в результате выхода из строя одного или нескольких элементов системы. Событие, заключающееся в переходе системы теплоснабжения с одного уровня работоспособности на другой, отражающийся на теплоснабжении потребителей, является аварией. Таким образом, авария также является отказом, но с более тяжелыми последствиями.

Наиболее слабым звеном системы теплоснабжения являются тепловые сети. Основная причина этого - наружная коррозия подземных теплопроводов, в первую очередь подающих линий водяных тепловых сетей, на которые приходится 80% всех повреждений.

В настоящее время не имеется какой-либо общей теории надежности системы теплоснабжения, позволяющей оценивать надежность системы по всем или большинству показателей надежности, характеризующих в совокупности надежность системы. Отсутствуют какие-либо нормативные документы по надежности систем теплоснабжения. Оценка надежности системы производится на основе использования отдельных показателей надежности. В частности, для оценки надежности системы теплоснабжения используются такие показатели, как интенсивность отказов и относительный аварийный недоотпуск теплоты.

Интенсивность отказов определяется по зависимости:

$$P = \sum M_{от} n_{от} / \sum M n,$$

где $M_{от}$ - материальная характеристика участков тепловой сети, выключенных из работы при отказе, м²;

$n_{от}$ - время вынужденного выключения участков сети, вызванное отказом и его устранением, ч;

$\sum M n$ - произведение материальной характеристики тепловой сети данной системы теплоснабжения на плановую длительность ее работы за заданный период времени (обычно за год).

Материальной характеристикой тепловой сети, состоящей из "n" участков,

является величина $M = \sum_i d l$, представляющая сумму произведений диаметров трубопроводов на их длину в метрах (учитываются как подающие, так и обратные трубопроводы).

Относительный аварийный недоотпуск теплоты может быть определен по формуле:

$$q = \sum Q_{ав} / \sum Q,$$

где $\sum Q_{ав}$ - аварийный недоотпуск теплоты за год;

$\sum Q$ - расчетный отпуск теплоты всей системой теплоснабжения за год.

Указанные показатели в определенной мере характеризуют надежность работы системы теплоснабжения. По динамике изменения этих показателей во времени (например, из года в год) можно судить о прогрессе или деградации надежности системы теплоснабжения.

Объективная оценка надежности системы может быть произведена только при ведении тщательного учета всех аварий и отказов, возникающих в системе в процессе эксплуатации. Анализ зарегистрированных событий позволяет выявить наличие элементов пониженной надежности с целью принятия своевременных мер по замене или ремонту несовершенных и изношенных элементов системы. Учет аварий и отказов должен вестись на каждом предприятии в обязательном порядке.

В тепловых сетях при проектировании должно предусматриваться резервирование подачи теплоты потребителям за счет совместной работы источников теплоты, а также устройства перемычек между тепловыми сетями смежных районов.

При подземной прокладке тепловых сетей в непроходных каналах и бесканальной прокладке резервная подача теплоты предусматривается в

зависимости от расчетной температуры наружного воздуха для отопления и диаметров трубопроводов.

Резервирование подачи теплоты по тепловым сетям, прокладываемым наземно и в туннелях, предусматривать не следует.

Для зданий, в которых не допускаются перерывы в подаче теплоты (больницы, детские дошкольные учреждения с круглосуточным пребыванием детей, картинные галереи и т.п., устанавливаемые в задании на проектирование), следует предусматривать резервирование, обеспечивающее 100%-ную подачу теплоты тепловыми сетями. Допускается предусматривать местные резервные источники теплоты.

В заданиях на проектирование, дополнительно к перечисленным выше объектам, следует предусматривать резервирование, обеспечивающее 100%-ную подачу теплоты тепловыми сетями для родильных домов, детских яслей и садов, детских домов, школ-интернатов, домов для инвалидов и престарелых, станций скорой помощи, музеев, АТС, теле- и радиостудий.

С учетом климатических условий к потребителям тепла первой категории могут быть также отнесены жилые микрорайоны с населением, для которых также должно предусматриваться 100%-ное резервирование подачи теплоты (см. ниже).

Надежность существующей системы теплоснабжения в городе может быть повышена путем осуществления совместной работы нескольких источников тепла на единую тепловую сеть, создания узлов распределения, прокладки резервных перемычек.

При наличии в городе нескольких источников тепла должна быть проанализирована возможность работы их на единую тепловую сеть и создания для нескольких из них единой тепловой сети. В этом случае при аварии на одном из источников тепла имеется возможность частичного обеспечения тепловой нагрузки единой тепловой сети за счет других источников тепла. Предполагаемые основные тепловые и гидравлические режимы, возникающие в аварийной ситуации, должны быть рассчитаны проектной организацией и реализовываться эксплуатирующей организацией. При наличии программ гидравлического расчета и ЭВМ расчет производится при аварии.

Наличие автоматизированных тепловых пунктов, подключенных к тепловой сети по независимой схеме или с помощью смесительных насосов, позволяет почти в течение всего отопительного сезона компенсировать снижение расхода в тепловой сети повышением температуры сетевой воды, обеспечивая необходимую подачу тепла.

В крупных системах теплоснабжения от ТЭЦ и районных котельных мощностью 300 Гкал/ч и более целесообразно устройство узлов распределения (УР) (СНиП 2.04.07-86, п. 1, 2) с двухсторонним присоединением к тепловой сети, обеспечивающим в случае аварии подачу тепла через перемычки между магистралями, а в идеальном случае - путем подключения к двум магистралям.

Наличие в тепловой сети УР позволяет получить управляемую систему теплоснабжения, т.е. обеспечить возможность точного распределения циркулирующей воды в нормальном и аварийном режимах, а при совместной работе теплоисточников - возможность изменения режима работы сети в широких пределах. Надежность системы теплоснабжения может быть повышена путем устройства перемычек между магистральными сетями, проложенными радиально от одного или разных источников теплоты.

Перемычки используются как в нормальном, так и в аварийном режимах работы. Наличие перемычек позволяет обеспечить беспереывное теплоснабжение и значительно снизить недоотпуск теплоты при аварии. Принципиальная схема тепловых сетей с совместной работой на единую тепловую сеть двух районных котельных, устройством перемычек между магистралями и узлами распределения приведена на рис. 2. Наличие в городе такой схемы теплоснабжения позволяет осуществлять непрерывную подачу тепла через групповые тепловые пункты в результате их двухстороннего присоединения к сети, при выключении любого участка сети, на котором произошла авария. Два источника тепла обеспечивают возможность использования свободной тепловой мощности при аварии на одном из них. При работе схем теплоснабжения городов необходимо стремиться к тому, чтобы и распределительные тепловые сети, к которым подключаются центральные тепловые пункты, выполнялись аналогичным образом с двухсторонним подключением ЦТП и устройством перемычек.

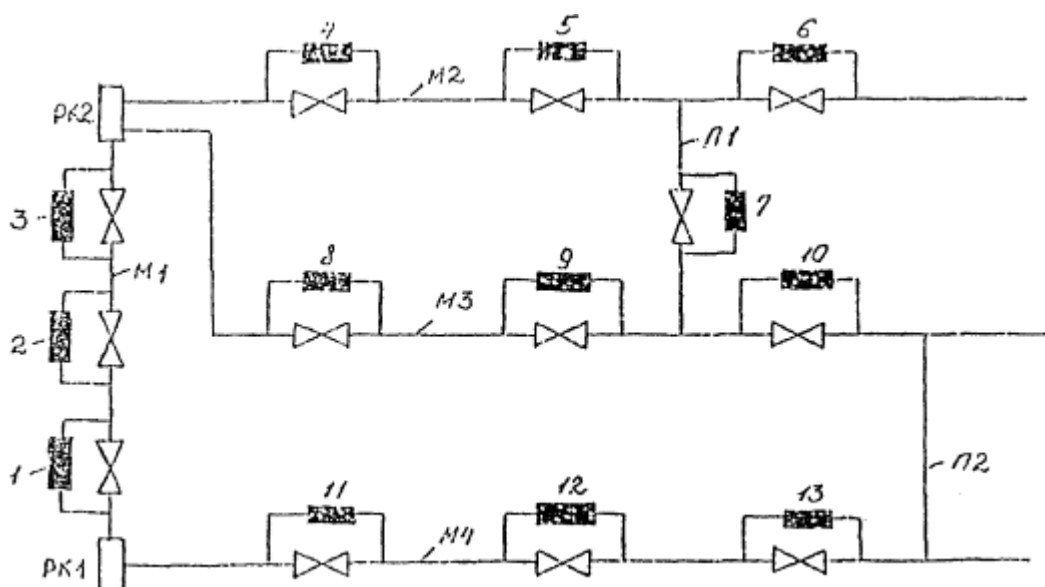


Рис. 2 – Принципиальная схема тепловых сетей с совместной работой источников тепла, с устройством перемычек и ГТП:
*РК - районная котельная; М1 - М4 - магистрали;
 П1 - П2 - перемычки; 1 - 13 - групповые тепловые пункты*

При проектировании котельных должны предусматриваться два ввода водопровода и электроснабжения, а также резервное топливо.

Практика эксплуатации показывает, что при осуществлении плана ликвидации мелких котельных, замене их крупными источниками теплоты мелкие котельные, находящиеся в технически исправном состоянии, целесообразно оставлять в резерве.

В современных условиях комплексная автоматизация систем теплоснабжения включает как одну из основных задач - автоматизацию регулирования отпуска теплоты на отопление и горячее водоснабжение в тепловых пунктах зданий (ЦТП, ИТП). Главная цель автоматизации регулирования в ЦТП, ИТП - получение экономии теплоты и соответственно топлива, обеспечение комфортных условий в отапливаемых помещениях.

Решается эта задача путем установки в тепловых пунктах средств автоматического регулирования отпуска теплоты (регуляторов для систем отопления и горячего водоснабжения) и необходимых смесительных устройств (корректирующих насосов смешения, элеваторов с регулируемым соплом) согласно СНиП 2.04.07-86 "Тепловые сети". Основные схемы автоматизации ЦТП и ИТП приведены на рис. 3 и 4.

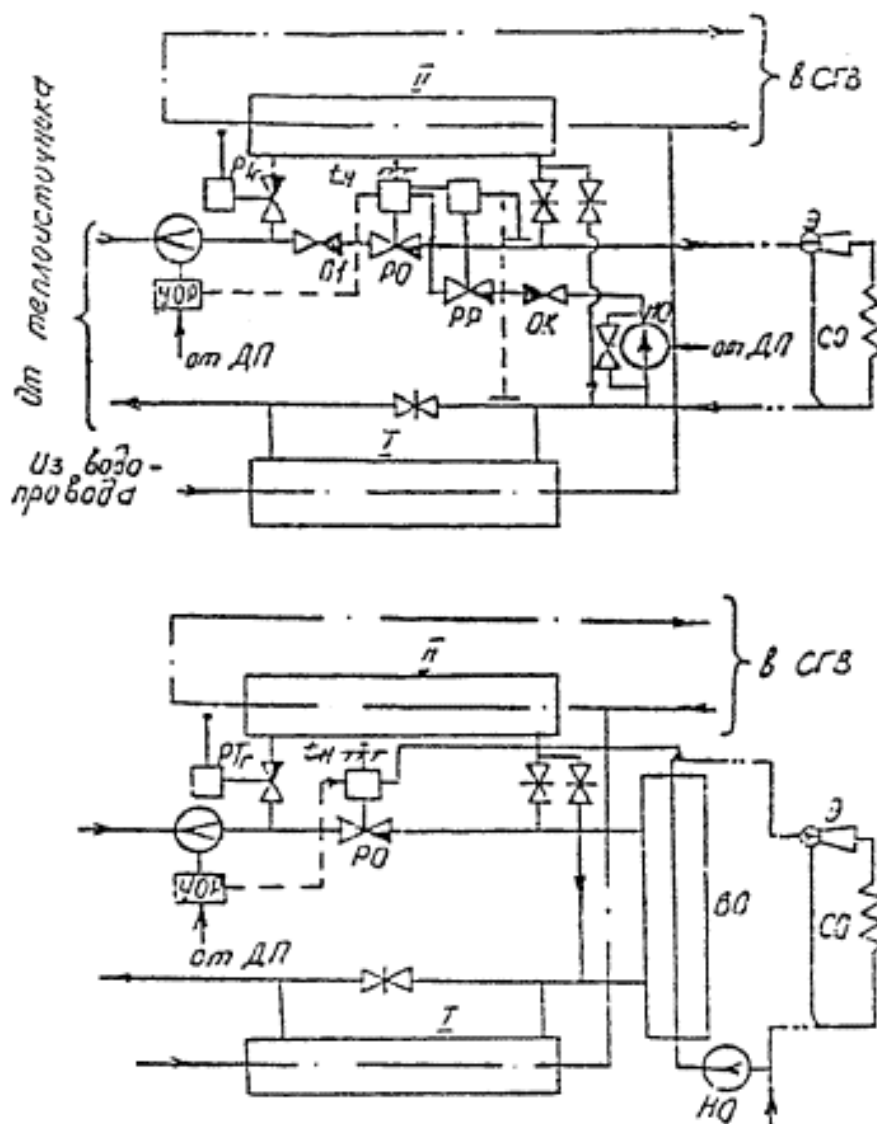


Рис. 3 – Схема теплового пункта со смешанным присоединением подогревателя горячего водоснабжения:

I, II - ступени водонагревателя горячего водоснабжения;

РТ_г - регулятор температуры воды на горячее водоснабжение;

РО - регулятор отопления; НС - насос смешения;

ОК - обратный клапан; Э - элеватор;

СО, СГВ - системы отопления, горячего водоснабжения;

ВО, НО - водонагреватель и насос отопления;

ДП - диспетчерский пункт; УОР - устройство ограничения расхода;

РР - регулятор перепада давлений (расхода) воды

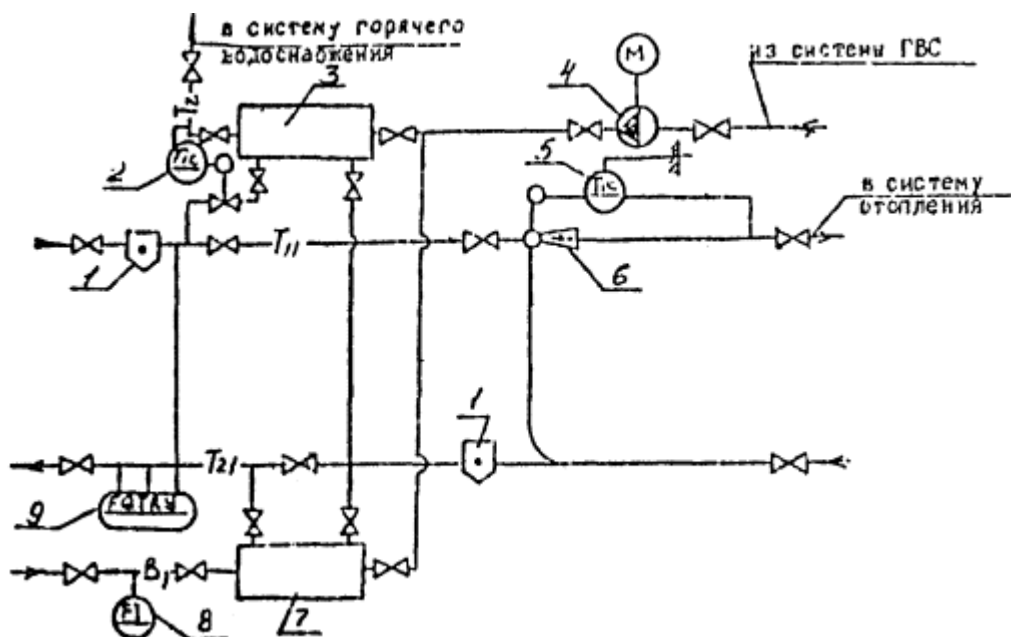


Рис. 4 – Схема автоматизации ИТП с элеваторным присоединением системы отопления и смешанным присоединением водонагревателей горячего водоснабжения:

- 1 - грязевик; 2 - регулятор температуры ГВ; 3 - водонагреватель II ступени;
 4 - насос; 5 - регулятор отпуска теплоты на отопление;
 6 - элеватор с регулируемым сечением сопла; 7 - водонагреватель I ступени;
 8 - водомер; 9 – теплосчетчик

Одновременно с решением главной задачи автоматизация тепловых пунктов способствует повышению надежности систем теплоснабжения. При наличии автоматизации могут быть достигнуты:

улучшение состояния изоляции трубопроводов и связанное с этим снижение коррозионной повреждаемости тепловых сетей за счет поддержания температуры ≥ 100 °С при 100%-ной автоматизации;

улучшение условий работы компенсаторных устройств тепловых сетей;

подача теплоты потребителям в требуемом количестве (соответствующем данной температуре наружного воздуха) при ликвидации аварий в сетях с резервированием;

обеспечение устойчивого гидравлического режима работы систем отопления зданий при снижении температуры сетевой воды против требуемой по графику;

автономная циркуляция в местных системах отопления при аварийном падении давления в тепловых сетях, позволяющая снизить вероятность повреждений систем отопления потребителей.

Улучшение состояния изоляции трубопроводов и улучшение условий работы компенсаторных устройств обеспечивается осуществлением центрального регулирования отпуска теплоты на теплоисточнике по ступенчатому температурному графику регулирования при постоянной температуре.

Ступенчатый температурный график регулирования (рис. 5) представляет собой график, в каждой из ступеней которого температура подающей сетевой воды t_c поддерживается постоянной и выше 100 °С. Отпуск теплоты по такому графику обеспечивает при незначительном повышении тепловых потерь в сети снижение повреждаемости теплопроводов от наружной коррозии благодаря достаточно высокой температуре в зоне контакта трубопровода с его изоляцией. Следует отметить, что увеличение затрат, связанное с повышением тепловых потерь в сетях, в определенной степени компенсируется снижением затрат на электроэнергию, так как ступенчатый график обуславливает резкое снижение расходов сетевой воды.

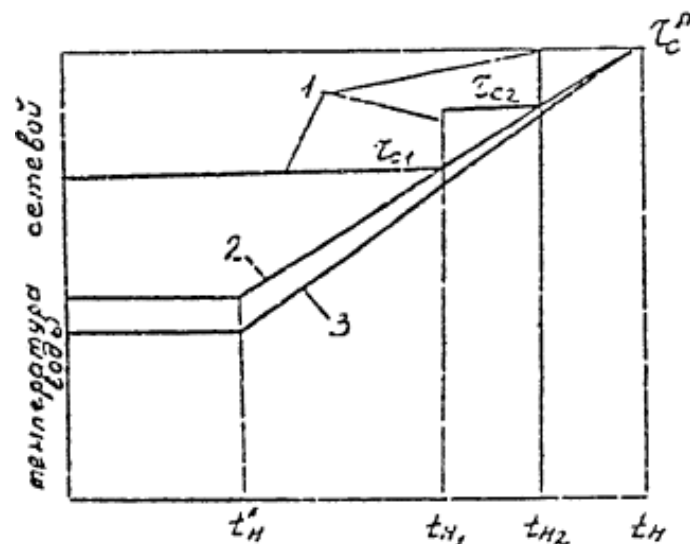


Рис. 5 – Температурный график центрального регулирования отпуска теплоты при автоматизации ТП:

- 1 – ступенчатый при постоянной температуре;*
- 2 – качественного регулирования по совмещенной нагрузке отопления и ГВС района теплоснабжения;*
- 3 – качественного регулирования по нагрузке отопления, ограниченный наименьшей температурой, необходимой для подогрева воды, поступающей в системы ГВС*

Кроме отмеченного, указанный график обуславливает улучшение работы компенсаторных устройств в сетях благодаря сокращению диапазона изменения температуры сетевой воды (100 - 150 вместо 70 - 150 °С) и увеличению времени работы с постоянной температурой.

Наиболее целесообразен следующий график (см. рис. 5, кривая 1):

первая ступень - при температуре наружного воздуха $t_n \geq t_{n1}$ (включая и летний период) температура подающей сетевой воды $t_{c1} = 105 - 120$ °С;

вторая ступень - при $t_{n1} > t_n \geq t_{n2}$ температура подающей сетевой воды $t_{c2} = 125 - 135$ °С;

третья ступень - при $t_n < t_{n2}$ температура подающей сетевой воды равна расчетной, т.е. $t_c = t_c^p$.

Значения температур наружного воздуха t_{n1} и t_{n2} , при которых происходит переход с одной ступени на другую, принимаются согласно повышенному или отопительному графику. Меньшее значение t_{c1} и соответственно для t_{c2} принимается при относительно меньшей протяженности тепловых сетей, большее значение - при большей протяженности сетей (с учетом обеспечения у наиболее удаленного потребителя температуры сетевой воды не ниже 100 °С).

Для условий Москвы (расчетная температура наружного воздуха для отопления $t_n^p = -26$ °С, отношение нагрузок горячего водоснабжения и отопления жилых зданий равно 0,25), например, может быть принята первая ступень графика $t_{c1} = 120$ °С при $t_n \geq -13$ °С, которая составляет по длительности 88% отопительного сезона; вторая ступень $t_{c2} = 135$ °С при -13 °С $> t_n \geq -19$ °С с длительностью 8% сезона; третья ступень $t_{c3} = t_c^p$ при $t_n < -19$ °С (длительность 4%).

Если теплоисточник не имеет избытков тепловой мощности для покрытия максимальной нагрузки горячего водоснабжения, то график должен состоять из двух частей: первая полностью соответствует указанной выше первой ступени (при $t_n \geq t_{n1}$ $t_{c1} = 105 - 120$ °С); во второй части при $t_{n1} > t_n \geq t_n^p$ температура t_{c2} изменяется по повышенному или отопительному графику (см. рис. 5, кривые 2, 3).

Для реализации такого графика необходима сплошная автоматизация отпуска теплоты на отопление, горячее водоснабжение, вентиляцию и другим потребителям в тепловых пунктах, непосредственно присоединенных к магистральной тепловой сети (в случае частичной автоматизации неавтоматизированные потребители недопустимо перегреваются). Теплоисточником при этом может быть котельная, а также может быть ТЭЦ при технико-экономическом обосновании с учетом повышения доли отбора

пара повышенного давления и, следовательно, снижения экономичности выработки электроэнергии на тепловом потреблении.

Наличие автоматизации отпуска теплоты в тепловых пунктах тепловых сетей с резервированием (путем устройства перемычек между тепловыми сетями смежных районов согласно СНиП 2.04.07-86, п. 3.1) позволяет осуществить широкое маневрирование температурой сетевой воды.

При ликвидации аварий на отдельных участках сети можно, повысив температуру, подать всем потребителям теплоту на отопление в полном объеме (соответственно данной температуре наружного воздуха) при сниженном расходе сетевой воды на отопление. Значение этого расхода определяют расчетом на ЭВМ для каждой конкретной сети с учетом имеющихся перемычек и места аварии. Зная этот расход \overline{W}_0 , температуру наружного воздуха $t_{\text{н.о}}$ и требуемый для данной температуры $t_{\text{н.о}}$ расход теплоты на отопление Q_0 , находят необходимую температуру воды в подающем сетевом трубопроводе:

$$t_{\text{с.п}} = t_{\text{н.о}} + \overline{Q}_0 (t_{\text{с.п}} - t_{\text{н.о}} + \frac{0,5+u}{1+u} \frac{\delta t_{\text{с.п}}^1}{\overline{W}_0} + \frac{\Delta t_{\text{с.п}}^1}{Q_{\text{с.п}}^1}) \geq 70$$

где $\overline{Q}_0 = Q_0 / Q_{\text{с.п}}^1$, $Q_{\text{с.п}}^1$ - расчетный расход теплоты на отопление, Гкал/ч;

$t_{\text{с.п}}$ - расчетная температура воздуха в помещениях, °С;

$t_{\text{н.о}}$ - расчетная температура наружного воздуха для систем отопления, °С;

u - коэффициент смешения элеватора;

$\delta t_{\text{с.п}}^1$ - разность температур сетевой воды перед элеватором, °С;

$\overline{W}_0 = W_0 / W_{\text{с.п}}^1$, $W_{\text{с.п}}^1$ - расчетный расход сетевой воды, т/ч;

$\Delta t_{\text{с.п}}^1$ - температурный напор нагревательного прибора, °С.

Если отпуск теплоты от теплоисточника производится по ступенчатому графику (см. рис. 5), то температура $t_{\text{с.п}}$ принимается по этому графику, но не ниже значения согласно формуле (1).

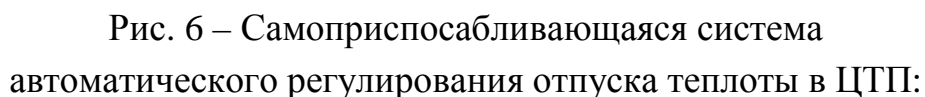
Как видно из формулы (1), чем меньше \overline{W}_0 (чем больше отличается сниженный расход в сети от расчетного значения $W_{\text{с.п}}^1$), тем больше должна быть температура $t_{\text{с.п}}$, чтобы осуществить 100%-ную подачу теплоты потребителям при авариях в сетях с резервированием. Отметим, что при этом надежность теплоснабжения зданий существенно повышается по сравнению с СНиП 2.04.07-86 (п. 3.1, табл. 1), которые предусматривают при аналогичных условиях снижение подачи теплоты потребителям от 50 до 90%.

Увеличение температуры сетевой воды при сниженном расходе воды может осуществляться при теплоснабжении как от котельной, так и от ТЭЦ.

Гидравлический режим работы автоматизированных систем отопления зданий ухудшается при снижении против графика температуры сетевой воды, в том числе при аварии на теплоисточнике; при этом регулирующие клапаны авторегуляторов отпуска теплоты на отопление полностью открываются и возможна разрегулировка тепловой сети, так как головные потребители отберут из сети больший расход, чем концевые потребители. Чем ниже гидравлическая устойчивость сети, тем больше величина указанной разрегулировки и больше снижается надежность теплоснабжения.

Устранить этот недостаток возможно, как это предлагается рядом организаций, путем установки дополнительных регуляторов давления (перепада давления). Однако это приведет, во-первых, к удорожанию автоматизации, во-вторых, к усложнению работы средств автоматизации в тепловых пунктах из-за взаимного влияния авторегуляторов отпуска теплоты и гидравлического режима.

Эффективное решение этого вопроса для ЦТП с насосом смешения возможно путем использования предложенной АКХ им. К. Д. Памфилова самоприспосабливающейся системы автоматического регулирования отпуска теплоты с двумя авторегуляторами 1, 2 и логико-переключающим устройством 3 (рис. 6). Система настраивается таким образом, что при наличии требуемой температуры t_c согласно принятому графику и даже при ее превышении регулятор температуры воды на отопление 1 управляет клапаном на подающем трубопроводе 4, а регулятор перепада давления (расхода) 2 - клапаном на перемычке 5. При недостатке теплоты в сети и снижении температуры сетевой воды клапан 4 полностью открывается, устройство 3 от действия выключателя 7 переключает клапаны 4 и 5, теперь регулятор температуры 1 прикрывает клапан 5, и при полном его закрытии отключится насос 6. В действии остается регулятор расхода 2, который, управляя клапаном 4, обеспечит в данных условиях устойчивый гидравлический режим систем отопления зданий: относительное снижение отпуска теплоты на отопление на период снижения температуры в сети будет одинаковым для всех зданий при поддержании постоянства расхода воды, равного расчетному.



Снизить вероятность повреждений систем отопления зданий от замораживания при аварийном прекращении подачи теплоносителя из сети (например, в результате падения давления в тепловой сети) позволяет организация автономной циркуляции воды в местных системах отопления. При наличии циркуляции воды, кроме того, отдалается момент необходимого слива воды из систем отопления. Для получивших наибольшее распространение ЦТП с корректирующими насосами смешения указанная циркуляция обеспечивается установкой на подающем трубопроводе на входе в ЦТП электроконтактного манометра (ЭКМ), который при падении давления своим контактом включает насос смешения (или оба насоса, если подача каждого составляет 50% расчетного расхода воды на отопление) (см. рис. 3).

45

Защита систем теплоснабжения при гидравлическом ударе.

Гидравлическим ударом называется явление, возникающее в трубопроводе при быстром изменении скорости движения жидкости. Гидравлический удар характеризуется мгновенными повышениями и понижениями давления, которые могут привести к разрушению трубопровода. Вероятность возникновения гидравлических ударов возрастает с увеличением мощности теплоисточников, увеличением диаметров и длины тепловых сетей, оснащения сети регуляторами, клапанами и задвижками.

Причинами возникновения гидравлических ударов являются: внезапный останов насосов на теплоисточнике или насосной станции при прекращении подачи электроэнергии; внезапное включение насосов; вскипание теплоносителя в котле в случае снижения расхода теплоносителя и последующей конденсации; быстрое закрытие регулирующих клапанов и задвижек на теплоисточнике, насосных станциях и тепловой сети.

Защита от гидравлических ударов может быть осуществлена за счет применения ряда специальных устройств.

На насосных станциях может быть рекомендовано устройство противоударной перемычки между обратным и подающим трубопроводами с установкой на ней обратного клапана (рис. 7). При внезапной остановке насосов, когда давление в обратном трубопроводе превышает давление в подающем, открывается обратный клапан на противоударной перемычке, что приводит к выравниванию давлений в трубопроводах и затуханию ударной волны.

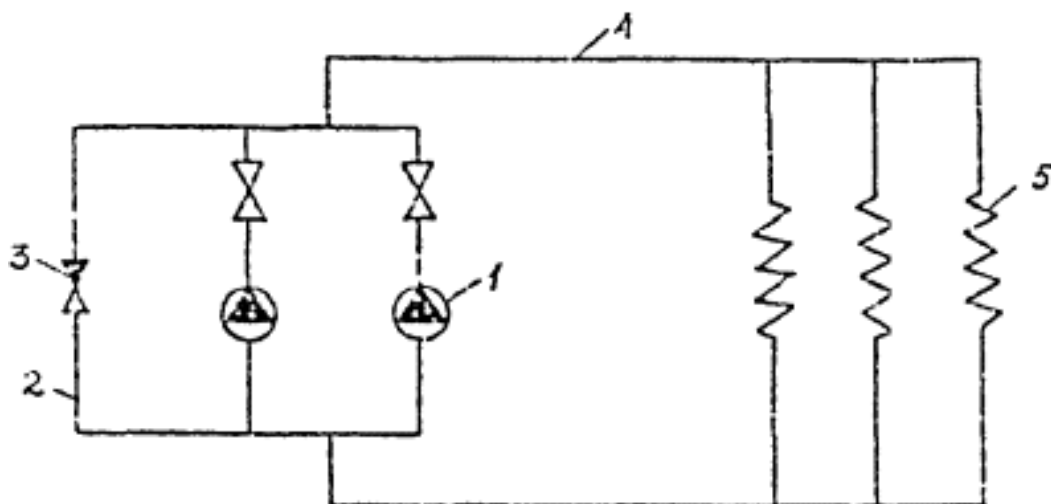


Рис. 7 – Схема устройства противоударной перемычки:

*1 – насос; 2 – противоударная перемычка; 3 – обратный клапан;
4 – тепловая сеть; 5 – потребители тепла*

В котельных для предотвращения гидравлического удара используются гидрозатворы, подключаемые к обратному коллектору. Гидрозатвор представляет собой установленную вертикально "трубу в трубе" высотой примерно на 3 м больше напора в обратном коллекторе. Внутренняя труба гидрозатвора врезана в обратный коллектор тепловой сети, внешняя - служит для приема выброса теплоносителя при срабатывании гидрозатвора и подключается либо к приемной емкости, либо к системе канализации.

К системе обеспечения надежности и защиты относятся и защитно-регулирующие клапаны (ЗРК) РК-1 с регуляторами типа РД-3а трехсильфонной сборки и импульсными клапанами ИК-25 для аварийного отключения котельной от системы. Кроме того, ЗРК укомплектованы регуляторами РД-3а односильфонной сборки, что позволяет регулировать давление сетевой воды в подающей и обратной магистралях (рис. 8). В системе применена гидравлическая автоматика, работа которой не зависит от наличия электроэнергии. При отключении электроэнергии и внезапной остановке насосов повышается давление перед насосом, что приводит к срабатыванию импульсного клапана ИК, в результате регуляторы РК-1 закрываются, отсекая оборудование котельной. Гидравлический удар гасится в результате срабатывания гидрозатвора. Комбинация защит "Гидрозатвор-ЗРК" обеспечивает защиту оборудования котельной, тепловой сети и систем отопления.

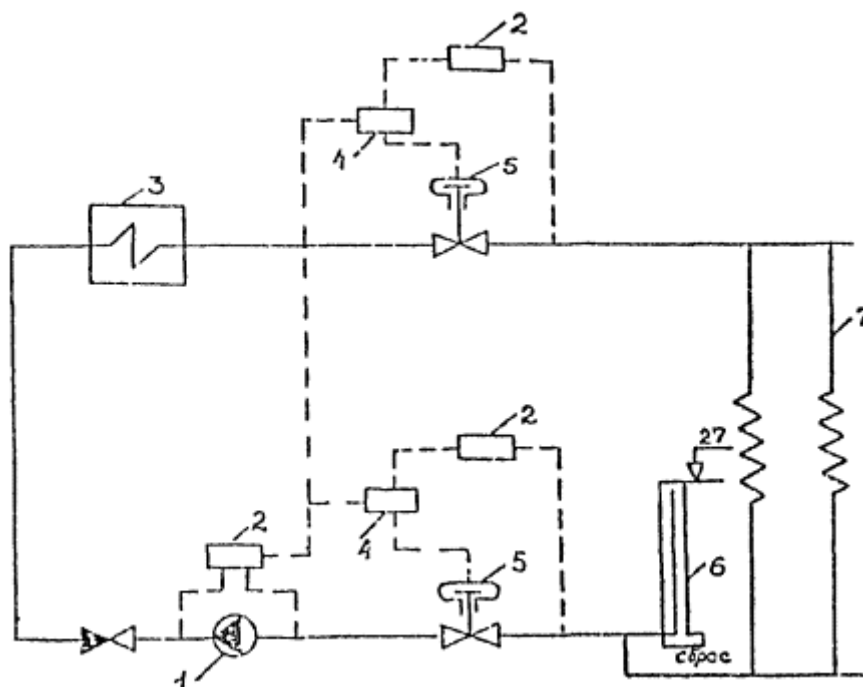


Рис. 8 – Схема установки защитных устройств:

- 1 - насос; 2 - регулятор РД-3а; 3 - котел; 4 - импульсный клапан ИК-25;
5 - клапан РК-1; 6 - гидрозатвор; 7 - потребители тепла

В качестве быстродействующих сбросных устройств для систем теплоснабжения могут использоваться: гидрозатвор, сбросной клапан конструкции СКБ ВТИ, разрывные выпуклые мембраны, разрывные плоские мембраны, сбросной клапан.

При давлении в обратной магистрали в пределах 0,1 - 0,25 МПа наиболее целесообразно устанавливать гидрозатвор. При давлении в обратной магистрали более 0,25 МПа и сетевых насосах с электродвигателями, имеющими маховый момент более 150 кг х м² (например, насосы типа СЭ2500-180, 20Д-6 и др.), возможна установка сбросного клапана. При давлении в обратной магистрали более 0,25 МПа для сетевых насосов с электродвигателями, имеющими маховый момент менее 150 кг м², наиболее целесообразна установка мембранных предохранительных устройств, имеющих время срабатывания примерно 0,05 с.

Повышение температуры воды в тепловой сети в летний период. Условия работы тепловых сетей, более чем на 90% проложенных в непроходных подземных каналах без долговечной гидроизоляции труб и поверхностей каналов, чрезвычайно неблагоприятны из-за частого затопления каналов и увлажнения изоляции. Это вызывает наружную коррозию труб практически по всей длине и является причиной сквозных повреждений, что усугубляется неблагоприятными температурными режимами работы при существующих графиках отпуска теплоты. По имеющимся сведениям, более 90% повреждений приходится на подающие трубопроводы.

При температуре 70 - 80°С протекает интенсивный процесс наружной коррозии, имеющий язвенный характер, приводящий к значительному коррозионному повреждению металлических поверхностей, контактирующих с увлажненной тепловой изоляцией.

Работа тепловой сети по повышенному графику в летний период требует обязательного оснащения всех подключенных к тепловой сети систем горячего водоснабжения регуляторами температуры.

В качестве регуляторов температуры может быть использована как гидравлическая, так и электронная автоматика. Гидравлическая автоматика имеет меньшую точность поддержания регулируемой температуры по сравнению с электронной, но она значительно дешевле и проще в эксплуатации. Из гидравлических регуляторов могут применяться регуляторы типов РР с ТРБ, РТ, РПДМ, РК-1 с ТМП, УРРД с ТМП; из электронных - РС-29 в комплекте с регулирующим клапаном с электроприводом.

Использование передвижных котельных. Повышение надежности систем теплоснабжения может быть достигнуто путем использования передвижных котельных, которые при аварии на тепловой сети должны применяться в качестве резервных источников теплоты, обеспечивая подачу тепла как целым кварталам (через центральные тепловые пункты), так и отдельным зданиям, в первую очередь потребителям первой категории. Для целей аварийного теплоснабжения каждое предприятие объединенных котельных должно иметь как минимум одну передвижную котельную.

Для целей аварийного теплоснабжения могут использоваться передвижные котельные следующих типов: на твердом топливе - УКМТ-1 (1), УКМТ-3 (3,2), "Аксиома-1" (1), "Аксиома-3" (3,1); "Квант-1" (1); на твердом, жидком и газообразном топливе - "Виток" (0,26; 0,6; 0,77), "Поиск" (0,5; 0,77); на жидком топливе - ПАКУ (Ж) (3,2), КБК-2 (1,4), ПКУЖ (0,7), БМКУ-5М (4,3); на газообразном топливе - ПАКУ (Г) (3,2), КБК (2), "Братск-IV" (1,7), ПКУ-2,32 (2), ПКУ-1М (1), ПКБ (1). После типа котельной в скобках указана теплопроизводительность котельной в Гкал/ч.

Передвижные котельные к месту назначения могут транспортироваться волоком или на специальных платформах и трайлерах. Разгрузка и погрузка котельных должна осуществляться краном. При необходимости доставки передвижной котельной на объект с помощью трейлера или специальной платформы теплоэнергетическое предприятие заблаговременно должно на месте решить вопрос о наличии данного оборудования в районе или городе и возможности его предоставления предприятию в экстренных случаях. Кроме трейлера должен быть также заблаговременно решен вопрос о выделении самоходного крана для погрузки и разгрузки передвижной котельной. Грузоподъемность указанного оборудования должна быть не менее 30 т.

Основным преимуществом передвижных котельных при аварийном теплоснабжении является быстрота ввода установки в работу, что в зимний период является решающим фактором надежности эксплуатации. Время присоединения передвижной котельной к системе отопления и топливно-энергетическим коммуникациям для бригады из 4 чел. (два слесаря, электрик, сварщик) составляет примерно 4 - 8 ч.

На случай аварийного подключения передвижной котельной к центральному тепловому пункту или тепловому пункту здания-потребителя первой категории их целесообразно заранее оборудовать специальными вводами с фланцами, выведенными наружу через стену и отключаемыми от основной системы теплоснабжения задвижками, установленными внутри

помещения. Кроме вводов, указанные объекты должны иметь оборудованное место для подключения котельной к электрической энергии с рабочей мощностью 10 - 50 кВт (в зависимости от типа котельной).

Совершенствование эксплуатации системы теплоснабжения.

Надежность системы теплоснабжения в значительной степени может быть повышена путем четкой организации эксплуатации системы, взаимодействия теплоснабжающих и теплопотребляющих организаций, своевременного проведения ремонта, замены изношенного оборудования, наличия аварийно-восстановительной службы и организации аварийных ремонтов. Последнее является особенно важным при наличии значительной доли ветхих теплопроводов и их высокой повреждаемости.

Организация аварийно-восстановительной службы, ее численности и технической оснащенности в каждом конкретном случае должна решаться на основе технико-экономического обоснования с учетом оптимального сочетания структурного резерва, системы теплоснабжения и временного резерва путем использования аккумулирующей способности зданий. Необходимо совершенствовать процесс восстановления отказавших теплопроводов, устанавливать нормативные сроки ликвидации аварий и определять оптимальный состав аварийно-восстановительной службы.

Основой надежной, бесперебойной и экономичной работы систем теплоснабжения является выполнение правил эксплуатации, а также своевременное и качественное проведение профилактических ремонтов. Время ликвидации аварий в значительной мере зависит от наличия запасных частей и материалов, необходимых для этого. Поэтому особое внимание должно быть обращено на обеспечение переходящего запаса оборудования, деталей, узлов и материалов. Подготовка систем теплоснабжения к отопительному сезону должна проводиться в соответствии с "Методическими указаниями по определению готовности систем теплоснабжения к прохождению отопительного сезона. Выполнение в полном объеме перечня работ по подготовке источников, тепловых сетей и потребителей к отопительному сезону в значительной степени обеспечит надежное и качественное теплоснабжение потребителей.

С целью определения состояния строительно-изоляционных конструкций, тепловой изоляции и трубопроводов должны проводиться шурфовки, которые в настоящее время являются единственным способом оценки состояния элементов подземных прокладок тепловых сетей. Для проведения шурфовок ежегодно составляются планы. Количество проводимых шурфовок

устанавливается предприятием тепловых сетей и зависит от протяженности тепловой сети, ее состояния, вида изоляционных конструкций.

Тепловые сети от источника теплоснабжения до тепловых пунктов теплопотребителя, включая магистральные, разводящие трубопроводы и абонентские ответвления, должны подвергаться испытаниям на расчетную температуру теплоносителя не реже одного раза в год. Целью испытания водяных тепловых сетей на расчетную температуру теплоносителя является проверка тепловой сети на прочность в условиях температурных деформаций, вызванных повышением температуры до расчетных значений, а также проверка в этих условиях компенсирующей способности тепловой сети. Тепловые сети, находящиеся в эксплуатации, должны подвергаться испытаниям на гидравлическую плотность ежегодно после окончания отопительного периода для выявления дефектов, подлежащих устранению при капитальном ремонте и после окончания ремонта, перед включением сетей в эксплуатацию. Испытания проводятся по отдельным, отходящим от источника тепла магистралям при отключенных водоподогревательных установках, системах теплопотребления и открытых воздушниках у потребителей. При испытании на гидравлическую плотность давление в самых высоких точках сети должно доводиться до пробного (1,25 рабочего), но не ниже 1,6 МПа (16 кгс/см²). Температура воды в трубопроводах при испытаниях не должна превышать 45 °С. Для дистанционного обнаружения мест повреждения трубопроводов тепловых сетей канальной и бесканальной прокладки под слоем грунта на глубине до 3 - 4 м в зависимости от типа грунта и вида дефекта может быть использован выпускаемый предприятием Минприбора пьезометрический течеискатель ПТ-12Д. Прибор основан на непосредственном прослушивании с помощью пьезометрического преобразователя и головных телефонов участка поверхности грунта в зоне пролегания трубопровода. Течеискатель функционирует при температуре окружающей среды от -30 до 40 °С.

Горючие пыли

Расчет избыточного давления при сгорании пылевоздушной смеси в помещении

Избыточное давление при сгорании пылевоздушной смеси Δp , кПа, рассчитывают по формуле

$$\Delta p = \frac{M H_{\text{г}} P_0 Z}{V_{\text{св}} \rho_{\text{г}} C_p T_0 K_{\text{ж}}}, \quad (21)$$

где M - расчетная масса взвешенной в объеме помещения горючей пыли, образовавшейся в результате аварийной ситуации, кг;

H_T - теплота сгорания пыли, Дж/кг;

P_0 - начальное атмосферное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

Z - доля участия взвешенной горючей пыли при сгорании пылевоздушной смеси;

$V_{св}$ - свободный объем помещения, м³;

ρ_v - плотность воздуха до сгорания пылевоздушной смеси при начальной температуре T_0 , кг/м³;

C_p - теплоемкость воздуха,);

T_0 - начальная температура воздуха, К,

K_n - коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения.

Допускается принимать K_n равным трем.

К пылям, способным образовывать горючие пылевоздушные смеси, относят дисперсные материалы, характеризующиеся наличием показателей пожарной опасности: нижним концентрационным пределом распространения пламени, максимальным давлением, развиваемым при сгорании пылевоздушной смеси (более 50 кПа), и скоростью его нарастания, минимальным пожароопасным содержанием кислорода (менее 21 %).

Z рассчитывают по формуле

$$Z = 0,5 F, \quad (22)$$

где F - массовая доля частиц пыли размером менее критического, с превышением которого аэрозоль становится взрывобезопасной, т. е. неспособной распространять пламя.

В отсутствие возможности получения сведений для расчета Z допускается принимать $Z = 0,5$.

M , кг, рассчитывают по формуле

$$M = \min \left\{ \begin{array}{l} M_{вз} + M_{ав}; \\ \rho_{ст} V_{ав} / Z, \end{array} \right. \quad (23)$$

где $M_{вз}$ - расчетная масса взвихрившейся пыли, кг;

$M_{ав}$ - расчетная масса пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, кг;

$\rho_{ст}$ - стехиометрическая концентрация горючей пыли в аэрозвеси, кг/м³;

$V_{ав}$ - расчетный объем пылевоздушного облака, образованного при аварийной ситуации в объеме помещения, м³.

В отсутствие возможности получения сведений для расчета $V_{ав}$ допускается принимать

$$M = M_{вз} + M_{ав}.$$

$M_{вз}$ рассчитывают по формуле:

$$M_{вз} = K_{вз} M_n, \quad (24)$$

где $K_{вз}$ - доля отложенной в помещении пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации. В отсутствие экспериментальных сведений о $K_{вз}$ допускается полагать $K_{вз} = 0,9$;

M_n - масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии, кг.

$M_{ав}$ рассчитывают по формуле

$$M_{ав} = (M_{ан} + qT)K_n, \quad (25)$$

где $M_{ан}$ - масса горючей пыли, выбрасываемой в помещение при разгерметизации одного из технологических аппаратов, кг. При отсутствии ограничивающих выброс пыли инженерных устройств следует полагать, что в момент расчетной аварии происходит аварийный выброс в помещение всей находившейся в аппарате пыли;

q - производительность, с которой продолжается поступление пылевидных веществ в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их отключения, кг/с;

T - расчетное время отключения, определяемое в каждом конкретном случае, исходя из реальной обстановки. Следует принимать равным времени срабатывания системы автоматики, если вероятность ее отказа не превышает 0,000001 в год; 120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 0,000001 в год; 300 с при ручном отключении;

K_n - коэффициент пыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение. В отсутствие экспериментальных сведений о K_n допускается полагать:

- $K_n = 0,5$ - для пылей с дисперсностью не менее 350 мкм;
- $K_n = 1,0$ - для пылей с дисперсностью менее 350 мкм.

$M_{п}$ рассчитывают по формуле

$$M_{п} = \frac{K_{г}}{K_{у}} (M_1 + M_2) \quad (26)$$

где $K_{г}$ - доля горючей пыли в общей массе отложений пыли;

K_y - коэффициент эффективности пылеуборки. Принимают равным 0,6 при сухой и 0,7 - при влажной (ручной) пылеуборке; при механизированной вакуумной пылеуборке для ровного пола K_y принимается равным 0,9, для пола с выбоинами (до 5 % площади) - 0,7;

M_1 - масса пыли, оседающей на труднодоступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между генеральными уборками, кг;

M_2 - масса пыли, оседающей на доступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между текущими пылеуборками, кг.

Под труднодоступными для уборки площадями подразумевают такие поверхности в производственных помещениях, очистка которых осуществляется только при генеральных пылеуборках. Доступными для уборки местами являются поверхности, пыль с которых удаляется в процессе текущих пылеуборок (ежедневную, ежесуточно и т. п.).

M_k ($k=1,2$) рассчитывают по формулам

$$M_1 = M_1' (1 - A) B_1, M_2 = M_2' (1 - A) B_2, \quad (27)$$

где $M_1' = (M_{11} + M_{12} + \dots + M_{1n})$ - масса пыли, выделяющаяся в объем помещения за период времени между генеральными пылеуборками, кг;

M_{11}, \dots, M_{1n} - масса пыли, выделяемая соответствующей единицей пылящего оборудования за тот же период времени, кг;

$M_2' = (M_{21} + M_{22} + \dots + M_{2n})$ - масса пыли, выделяющаяся в объем помещения за период времени между текущими пылеуборками, кг;

M_{21}, \dots, M_{2n} - масса пыли, выделяемая соответствующей единицей пылящего оборудования за тот же период времени, кг;

A - доля выделяющейся в объем помещения пыли, которая удаляется вытяжными вентиляционными системами. В отсутствие экспериментальных сведений об A полагают $A = 0$;

B_1, B_2 - доли выделяющейся в объем помещения пыли, оседающей соответственно на труднодоступных и доступных для уборки поверхностях помещения ($B_1 + B_2 = 1$).

При отсутствии сведений о коэффициентах B_1 и B_2 допускается полагать $B_1=1, B_2=0$.

M_1 и M_2 могут быть определены экспериментально (или по аналогии с действующими образцами производства) в период максимальной загрузки оборудования по формуле

$$M_i = \sum_j (G_{ij} F_{ij} T_i), \quad (28)$$

где G_{ij} , F_{ij} - соответственно интенсивность пылеосаждения и площадь для труднодоступных ($i = 1$) и доступных ($i = 2$) участков;

j - номер участка пылеосаждения;

T_i - промежуток времени между генеральными ($i = 1$) и текущими ($i = 2$) пылеуборками.

Характеристики сгорания пылепаровоздушных смесей в технологическом аппарате

Сгорание пылевоздушной смеси в аппарате может протекать как в режиме медленного, дозвукового горения, так и в режиме детонации. В подавляющем большинстве практических случаев встречается медленный (дефлаграционный) режим горения. Основными расчетными (в предположении достаточной стойкости корпуса аппарата к напряжениям разрыва и деформации) характеристиками взрыва пылевоздушных смесей в аппарате считают:

- p_{max} - максимальное давление при сгорании пылевоздушной смеси в аппарате, кПа, определяемое как наибольшее давление при сгорании, достигаемое в объеме аппарата при взрывном горении оптимальной пылевоздушной смеси;

- $(dp/dt)_{max}$ - максимальную скорость нарастания давления при сгорании пылевоздушной смеси в аппарате, кПа/с, определяемую как наибольший наклон зависимости давления при сгорании оптимальной пылевоздушной смеси в аппарате от времени при точечном зажигании в оптимальном месте;

- K_{ST} - индекс взрывопожароопасности пыли, кПа/м · с;
 $K_{ST} = (dp/dt)_{max} V^{1/3}$ (V - объем аппарата, м³).

Для не слишком протяженных технологических аппаратов объемом свыше 16 л справедливы эмпирические правила, в соответствии с которыми:

$$P_{max1} = P_{max2}; K_{st1} = K_{st2}, \quad (29)$$

где 1,2- индексы, относящиеся к двум произвольно выбранным аппаратам.

Для аппарата объемом менее 16 л расчетные значения характеристик сгорания пылевоздушных смесей (по результатам испытаний в крупномасштабной емкости) обладают достаточным запасом надежности.

Оценка расчетных значений параметров сгорания пылевоздушных смесей для протяженных аппаратов (с отношением максимального габаритного размера к минимальному порядка 5 и более), а также горения, протекающего в режиме детонации, возможна на основе экспертных заключений.

Пример

Данные для расчета

Рассчитать избыточное давление при сгорании полиэтиленовой пыли в помещении для следующих исходных данных: $M_{вз} = 10$ кг; $M_{ав} = 90$ кг; $F = 0,3$; $H_m = 47 \cdot 10^6$ Дж/кг; $V_{св} = 2000$ м³; $V_{ав} = 20$ м³; $P_{\theta} = 1,2$ кг/м³; $T_o = 298$ К; $p_{cm} = 0,1$ кг·м³.

Определяем Z по формуле (А.22)

$$Z = 0,5F = 0,5 \cdot 0,3 = 0,15.$$

Определяем M по формуле (А.23)

$$M = \min \begin{cases} M_{вз} + M_{ав} = 10 + 90 = 100 \text{ кг}; \\ \rho_{ст} V_{ав} / Z = 0,1 \cdot 20 / 0,15 = 14 \text{ кг}, \end{cases}$$

отсюда следует, что $M = 14$ кг.

Принимая $K_H = 3$ и подставляя исходные данные в выражение для расчетного избыточного давления при сгорании пылевоздушной смеси, получим:

$$\Delta p = \frac{M H_m P_o Z}{V_{св} \rho_{в} C_p T_o K_H} = \frac{14 \cdot 47 \cdot 10^6 \cdot 101 \cdot 0,15}{2 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot 298 \cdot 3} = 4,6 \text{ кПа}.$$

Список используемых источников

1. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Учебное пособие. Книга 4. / Под ред. В.А. Котляревского и А.В. Забегаева. М.: АСВ. 1998. – 208с.
2. Рятувальні роботи під час ліквідації надзвичайних ситуацій. Частина 1.: Посібник. За загальною редакцією В.Н. Пшеничного. – К.: Основа, 2006. – 240 с.
3. Мельничук О.В., Кнорозок Л.М., Руденко М.П., Шевчук О.Г. Практикум по розв'язуванню прикладних задач цивільної оборони. – Ніжин: Видавництво НДУ ім. Гоголя, 2005. – 212 с.
4. Задачи нестационарной теплопроводности при самонагревании сырья гнездовыми очагами / Ларин А.Н., Ольшанский В.П., Тригуб В.В. – Харьков: 2003. – 160 с.
5. Михайлик В.О. Цивільний захист: Навч. Посібник.: ВЗч. – Миколаїв: НУК, 2005. – Ч.1. – 136с.; 2003. – Ч.2. – 124 с.
6. Закон України «Про правові засади цивільного захисту» від 24.06.2004р.
7. Закон України «Про аварійно-рятувальні служби» від 21.12.2000 р.
8. Державний класифікатор надзвичайних ситуацій. Наказ МНС України від 22.04.2003 р. №119.
9. Адаменко М.І., Гелета О.В., Федю І.Б. Аварійно-рятувальні роботи. – Харків: Харківська друкарня №16, 2002. – 70 с.
10. www.kname.kharkov.ua.

Навчальне видання

**РОМАШКО Олександр Васильович,
ГАПОНОВА Людмила Вікторівна**

**Конспект лекцій
з навчальної дисципліни**

**«АВАРІЙНІ СИТУАЦІЇ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ,
ВЕНТИЛЯЦІЇ І ЇХ ЛІКВІДАЦІЯ»**

*(для студентів 5 курсу денної та 6 курсу заочної форм
навчання та слухачів другої вищої освіти спеціальності
7.06010107 «Теплогазопостачання і вентиляція»)*

(Рос. мовою)

Відповідальний за випуск О. В. Ромашко

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання І. В. Волосожарова

План 2009, поз. 55Л

Підп. до друку 12.10.2011 р.
Друк на ризографі
Тираж 50 пр.

Формат 60x84/16
Ум. друк. арк. 3,4
Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідectво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4064 від 12.05.2011р.